



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA ÁREA ACADEMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

“Proyecto arquitectónico para la intervención del área próxima al estacionamiento principal del Centro de Rehabilitación Infantil CRIT Hidalgo: diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales”

T E S I S

que para obtener el título de:

LICENCIADA EN ARQUITECTURA

Presenta:

María Sonia Marín Cortés

Director de tesis:

Mtro. Christopher Contreras López

Codirector de tesis:

Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Asesores:

Dra. Eunice Saraí Flores Lozano

Dr. Marco Antonio Escamilla García



Mineral de la Reforma, Hgo., a 11 de noviembre de 2025

Número de control: ICBI-D/2072/2025

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Arquitectura **María Sonia Marín Cortés**, quien presenta el trabajo de titulación **"Proyecto arquitectónico para la intervención del área próxima al estacionamiento principal del Centro de Rehabilitación Infantil CRIT Hidalgo: diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales"**, ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Secretario: Mtro. Christopher Contreras López

Vocal: Dr. Marco Antonio Escamilla García

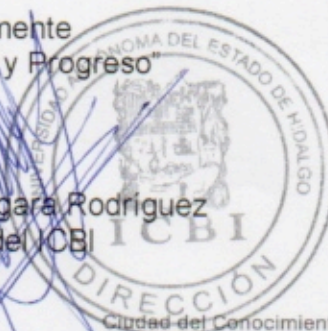
Suplente: Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI

GVR/YCC



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"

DEDICATORIAS

*A **Dios**, por darme la fortaleza y la serenidad en cada etapa de este camino. Gracias por las oportunidades, las personas que pusiste en mi vida y por darme la fuerza de superar los momentos difíciles.*

*A **mis padres**, los médicos Mario Marín y Sonia Cortés, por su apoyo constante, su amor incondicional y su fe en mí hasta en los momentos más difíciles. Este logro también les pertenece.*

*A **mi hermano** Mario, compañero de vida, por su constante respaldo y estar siempre a mi lado en los momentos más importantes.*

*Al resto de **mi familia**, por su apoyo incondicional y sus consejos que me motivaron para alcanzar este logro.*

*A **mis amigos**, mis meros reales, por haberme acompañado en este largo camino, brindándome su apoyo sincero, sus palabras de ánimo y mucha alegría cuando más lo necesité.*

*A **mis seres queridos que ya no están**, cuya presencia y cariño permanecen en mi corazón, además de su recuerdo que me impulsa a seguir adelante.*

AGRADECIMIENTOS

*Al **Dr. Boris Tapia**, quien desde un inicio confió en mí y en mis capacidades, gracias por su apoyo constante y su disposición para orientarme, los cuales fueron los pilares fundamentales para la culminación de este proyecto.*

*Al **M en Arq. Christhopher Contreras**, quien me orientó y apoyó durante el desarrollo de esta tesis, gracias por sus observaciones y sugerencias que contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico.*

*A mis sinodales, la **Dra. Eunice Flores** y al **Dr. Marco Antonio Escamilla**, gracias por su apoyo y constante disposición para orientarme en los momentos de duda. Su experiencia y paciencia fueron un gran apoyo durante el desarrollo de este trabajo.*

*A mis compañeros **Suseth Lozano** y **Gerardo Estrada**, gracias por su apoyo y por compartir sus conocimientos e ideas para el desarrollo de este trabajo, puesto que sus proyectos complementan de manera significativa al mío.*

*A los integrantes del **equipo de investigación** que participaron en la intervención del CRIT, gracias por su entusiasmo, trabajo en equipo y compromiso durante el desarrollo del proyecto. Su participación fue clave para llevar a cabo las actividades propuestas y enriquecer los resultados obtenidos.*

RESUMEN

Con la creciente urbanización en las grandes ciudades se ha visto un incremento en la reducción de los espacios abiertos, lo que no solo limita el número de áreas verdes destinadas para el bienestar de las personas y la posibilidad de hacer actividades de recreación al aire libre, sino que también afecta de forma negativa los entornos urbanos.

Esta situación se relaciona directamente ante la crisis de la falta de tratamiento de aguas residuales, debido a que las ciudades por la falta de las áreas verdes no se pueden absorber la lluvia hacia el subsuelo provocando que los escurrimientos superficiales arrastren los contaminantes hacia los sistemas de drenaje, contribuyendo en la contaminación de ríos, lagos y mares, además de disminuir la disponibilidad de agua limpia a largo plazo.

Ante esta situación, el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) en Pachuca de Soto, Hidalgo; busca desarrollar e implementar un plan sustentable que le permita tratar de manera eficiente las aguas residuales producidas dentro de sus instalaciones; permitiendo su reusó para riego de áreas verdes de manera segura y que no genere impactos negativos al medio ambiente.

Como respuesta a esta problemática, se propone el diseño del espacio abierto como parte de la implementación de un sistema de humedales artificiales; puesto que se ha consolidado como una solución ecológica para el tratamiento de las aguas residuales, en virtud de que replica los procesos biológicos y químicos que comúnmente se dan en los humedales naturales; contribuyendo de manera significativa en la reducción de la demanda de agua potable a largo plazo.

La metodología empleada se basó en un análisis de los factores naturales como es la topografía, el tipo de suelo, el volumen diario de aguas residuales generadas, la selección del humedal artificial más adecuado mediante criterios técnicos, el diseño a partir de los cálculos hidráulicos, tiempo de retención y la selección de las especies vegetales

depuradoras; así mismo en los factores sociales se considera los antecedentes históricos, tipo de usuarios, usos de suelo y elementos arquitectónicos existentes.

Con base a estos datos, se llevó a cabo el diseño del sistema de humedales artificiales en el cual además de priorizar la eficiencia del tratamiento del agua, se incorporaron criterios de arquitectura paisajística a través del diseño orgánico de los alrededores de los humedales, la selección de plantas ornamentales y la implementación de espacios abiertos para que los usuarios puedan contemplar y estar en contacto con la naturaleza; contribuyendo de manera significativa en su bienestar emocional, en el enriquecimiento de la imagen del sitio y en el potenciamiento del diseño arquitectónico del complejo.

ABSTRACT

With increasing urbanization in large cities, there has been an increasing reduction in open spaces. This not only limits the number of green areas designated for people's well-being and outdoor recreational activities, but also negatively impacts urban environments.

This situation is directly related to the crisis of wastewater treatment. Due to the lack of green areas, cities are unable to absorb rainwater into the subsoil. This causes surface runoff to carry pollutants into drainage systems, contributing to the pollution of rivers, lakes, and oceans, and reducing the long-term availability of clean water.

Faced with this situation, the Teletón Children's Rehabilitation Center (CRIT) in Pachuca de Soto, Hidalgo, is seeking to develop and implement a sustainable plan that will allow it to efficiently treat the wastewater produced within its facilities, allowing its safe reuse for irrigating green areas without negative environmental impacts.

In response to this problem, the design of an open space is proposed as part of the implementation of a constructed wetland system. This has established itself as an ecological solution for wastewater treatment, as it replicates the biological and chemical processes commonly found in natural wetlands, significantly contributing to the long-term reduction of drinking water demand.

The methodology used was based on an analysis of natural factors such as topography, soil type, and daily volume of wastewater generated. The selection of the most suitable constructed wetland was based on technical criteria. The design was based on hydraulic calculations, retention time, and the selection of purifying plant species. Social factors also included historical background, user types, land uses, and existing architectural elements.

Based on this data, the design of the artificial wetland system was carried out. In addition to prioritizing water treatment efficiency, landscape architecture criteria were incorporated through the organic design of the wetland surroundings, the selection of ornamental

plants, and the implementation of open spaces so that users could contemplate and connect with nature. This significantly contributed to their emotional well-being, enriched the site's image, and enhanced the complex's architectural design.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS.	17
1.2.1 General.	17
1.2.2 Particulares.	17
1.3 JUSTIFICACIÓN.	18
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.	20
1.4.1 Alcances.	20
1.4.2 Limitaciones.	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 LOS HUMEDALES COMO ESPACIOS HABITABLES Y DE RECREACIÓN.	22
2.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	24
2.3 HUMEDALES NATURALES: DEFINICIÓN Y FUNCIÓN.	25
2.4 HUMEDALES ARTIFICIALES: DEFINICIÓN Y FUNCIÓN.	27
2.5 TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES.	27
2.5.1 Con base a su material vegetal.	27
a) A base de macrófitas flotantes:	28
b) A base de macrófitas de hojas flotantes:	29
c) A base de macrófitas de hojas sumergidas:	29
d) A base de macrófitas emergentes.	30
2.5.2 Con base al flujo del agua.	30
a) Sistema de flujo superficial (HFS).	31
b) Sistema de flujo subsuperficial horizontal (HFSH).	32
c) Sistema de flujo subsuperficial vertical (HFSV).	33
d) Sistema híbrido (HH).	35
2.6 PROYECTOS ANÁLOGOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES.	36
2.6.1 A nivel internacional.	36
a) Parque Rachel de Queiroz.	37
b) Parque del humedal Minghu.	39

c) Humedal Urbano Usaquéen. -----	43
2.6.2 A nivel nacional. -----	45
a) Humedales artificiales en San Juan de Aragón. -----	45
b) Humedal artificial en Cihuatlán. -----	48
c) Humedal artificial en Atequizayán. -----	50
2.7 MARCO JURÍDICO. -----	51
2.7.1 NOM-001-SERMANAT-2021 -----	51
2.7.2 NOM-002-SERMANAT-1996 -----	52
2.7.3 NOM-003-SERMANAT-1997 -----	54
III. METODOLOGÍA -----	56
IV. CASO DE ESTUDIO -----	59
4.1 ANÁLISIS -----	60
4.1.1 FACTORES NATURALES. -----	60
4.1.1.1 Localización. -----	60
4.1.1.2 Climatología. -----	61
4.1.1.3 Topografía. -----	63
4.1.1.4 Suelos. -----	64
4.1.1.5 Hidrología. -----	64
4.1.1.6 Vegetación. -----	67
4.1.2 FACTORES SOCIALES. -----	71
4.1.2.1 Crecimiento urbano de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo. -----	71
4.1.2.2 Antecedentes del CRIT Teletón en Pachuca. -----	73
4.1.2.3 El plan sustentable para las instalaciones del CRIT Hidalgo. -----	74
4.1.2.4 Usuarios. -----	75
4.1.3 FACTORES PERCEPTUALES. -----	76
4.1.3.1 Uso de suelo. -----	76
4.1.3.2 Elementos arquitectónicos existentes. -----	76
4.1.3.3 Infraestructura de servicios. -----	77
4.1.3.4 Infraestructura espacial. -----	77
4.1.4 FACTORES ADICIONALES. -----	77
4.1.4.1 Identidad. -----	77

4.2 DIAGNÓSTICO. -----	81
4.3 MAPA POTENCIAL. -----	86
4.4 CONCEPTO -----	88
4.5 IMAGEN OBJETIVO. -----	89
V. RESULTADOS-----	94
5.1 CONCEPTO DE DISEÑO. -----	95
5.2 DIMENSIONES GENERALES. -----	97
5.3 SELECCIÓN DE LOS TIPOS DE HUMEDALES ARTIFICIALES -----	101
5.4 DIMENSIONAMIENTO E INSTALACIÓN HIDRÁULICA DE LOS HUMEDALES. -----	103
5.5 MÉTODO DE INSTALACIÓN. -----	110
5.6 ÁREAS AJARDINADAS Y PAISAJISMO-----	115
5.7 REPRESENTACIONES GRÁFICAS DEL PROYECTO. -----	130
5.8 DISCUSIONES.-----	135
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	143
ANEXOS -----	154
GLOSARIO -----	162

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Capítulo II: Marco teórico.

Figura 1.A: Humedales del Parque de Sídney, Australia.-----	22
Figura 1.B: Parque Renacentista de Chattanooga, Tennessee, EUA. -----	23
Figura 1.C: Parque Houtan, Shanghai -----	23
Figura 1.D: Macrófitas flotantes. -----	28
Figura 1.E: Macrófitas de hojas flotantes. -----	29
Figura 1.F: Macrófitas sumergidas.-----	29
Figura 1.G: Macrófitas emergentes.-----	30
Figura 1.H: Humedal artificial de Flujo Superficial. -----	31
Figura 1.I: Humedal artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal. -----	32
Figura 1.J: Humedal artificial de Flujo Subsuperficial Vertical. -----	33
Figura 1.K: Humedal artificial híbrido FH-FV de dos etapas basado en Brix y Johansson. -----	35
Figura 1.L: Vista aérea del Parque Rachel de Queiroz.-----	37
Figura 1.M: Vista aérea del parque del humedal Minghu. -----	39
Figura 1.N: Vista aérea del parque del humedal urbano Usaqué. -----	43
Figura 1.O: Vista panorámica de humedal del Bosque de San Juan de Aragón.-----	45
Figura 1.P: Humedal de la comunidad de Cihuatlán. -----	48
Figura 1.Q: Vista panorámica del Humedal artificial en Atequizayán. -----	50

Capítulo IV: Caso de estudio.

Figura 2.A: Vista satelital de la localización del CRIT.-----	61
Figura 2.B: Gráfica del Climograma de Pachuca. -----	62
Figura 2.C: Análisis de la topografía del espacio designado. -----	63
Figura 2.D: Definición redes y capacidad de almacenamiento. -----	66
Figura 2.E: Crecimiento urbano de la Zona Metropolitana de Pachuca 2013. -----	73
Figura 2.F: Interacción del personal médico con los pacientes. -----	76
Figura 2.G: Acceso al CRIT, Pachuca. -----	78
Figura 2.H: Área de informes en el CRIT, Baja California Sur -----	78
Figura 2.I: Zona de recepción en el CRIT, Sinaloa. -----	79

Figura 2.J: Fachada principal del Hospital Infantil Teletón de Oncología, Querétaro. --	79
Figura 2.K: Zona de terapia física en el CRIT, Tamaulipas. -----	80
Figura 2.L: Zona de recepción en el CRIT, Nezahualcóyotl -----	80
Figura 2.M: Área ajardinada en el CRIT, Michoacán. -----	81
Figura 2.N: Análisis de la morfología del CRIT.-----	88

Capítulo V: Resultados.

Figura 3.A: Ajuste de medidas y formas para el humedal artificial de flujo superficial.	97
Figura 3.B: Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal. -----	101
Figura 3.C: Humedal artificial con plantas flotantes. -----	102

ÍNDICE DE TABLAS.

Capítulo II: Marco teórico.

Tabla 1.A LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES -----	53
Tabla 1.B FRECUENCIA DE MUESTREO-----	53
Tabla 1.C FECHAS DE CUMPLIMIENTO-----	54
Tabla 1.D LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES-----	54

Capítulo IV: Caso de estudio

Tabla 2.A: Datos obtenidos del reporte de ensayo. -----	65
Tabla 2.B: Paleta vegetal ilustrada de los humedales artificiales. -----	68
Tabla 2.C: Paleta vegetal ilustrada de los peldaños. -----	71
Tabla 2.D: Fortalezas y debilidades de los factores naturales y antrópicos del sitio. ---	84

Capítulo V: Resultados.

Tabla 3.A: Especies vegetales según su uso y forma para los humedales artificiales.	115
Tabla 3.B: Especies vegetales según su uso y forma para los peldaños.	-----120

I. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, las ciudades han experimentado un crecimiento territorial acelerado lo que ha generado la destrucción de los espacios abiertos naturales, los que deberían ser destinados al servicio de los habitantes de la ciudad.

Estos lugares son fundamentales para la sostenibilidad de las ciudades, puesto que además de mejorar la calidad de vida de las personas y la imagen del espacio, también cumple con funciones ambientales, como la purificación del aire, la minimización de la erosión del suelo, la regularización de los microclimas urbanos y el control hídrico.

Sin embargo, ante la ausencia de estos espacios se ha generado, por una parte, la falta de áreas de recreo, además de un gran impacto en la calidad de la imagen de la ciudad y por otro lado, la gestión y calidad del agua, puesto que al estar cubierto el suelo por pavimento la infiltración hacia los mantos acuíferos se ve reducida, además provoca un aumento de escurrimientos superficiales donde se arrastran contaminantes hacia los sistemas de drenaje, los cuales llegan a los grandes cuerpos de agua y en caso de lluvias torrenciales se corre el riesgo de la formación de inundaciones (*Maldonado-Bernabé et al., 2019*).

En este sentido, el agua es uno de los elementos más importantes tanto para el bienestar de las personas como para la preservación de los ecosistemas a nivel mundial. Sin embargo, ante la falta de un plan de manejo para las aguas residuales aún se continúan generando grandes volúmenes de agua contaminada, lo que ha ocasionado problemáticas sociales y políticas debido a la pérdida de ecosistemas y su limitación para reutilizarla (*Rey Santos, 2014*).

En el caso de México, el agua se le ha definido como un factor clave para el desarrollo social y de la política económica, debido a que su disponibilidad y su calidad condicionan la posibilidad de desarrollo y bienestar de la población en algunas regiones del país (*Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2006*).

Por tal razón, tanto en comunidades como en instituciones se ha comenzado a implementar en los espacios abiertos, además de la mejora de su imagen, el aprovechamiento de éstos con sistemas de humedales artificiales como un método purificador del agua residual; estos sistemas se caracterizan por ser amigables con el medio ambiente debido a que operan con un bajo consumo energético, no requieren de productos químicos y son altamente compatibles con el entorno natural o artificial.

Por consiguiente, en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) de Pachuca, Hidalgo como parte de las acciones orientadas al cuidado del medio ambiente que quieren implementar en sus instalaciones, el diseño y aprovechamiento de los espacios abiertos que puedan ser utilizados para diferentes actividades, se prevé un sistema de humedales artificiales, el cual permitirá, por un lado, el establecimiento de un espacio abierto que pueda concatenar su uso con la reutilización del agua del sistema de drenaje previamente tratada, además de las superficies impermeables que conducen el agua de lluvia, para regar las áreas verdes, contribuyendo de manera significativa en la reducción de la demanda y tarifa del consumo del agua potable a largo plazo.

Por tal motivo, la presente investigación se aborda el diseño de los espacios exteriores del CRIT, donde, además, se implementen un sistema de humedales artificiales en las instalaciones como una solución integral ante la problemática de la falta de los espacios abiertos por un lado, y el tratamiento de las aguas residuales, por el otro; puesto que con su implementación se refuerza el compromiso de convertirse en una institución sustentable y convencida del tratamiento de los espacios en forma integral.

Así mismo, al ser un espacio que implementa elementos naturales en su composición y al estar al aire libre, puede contribuir de manera positiva en el estado de ánimo de los usuarios y a su vez, fomentar la conciencia ecológica, brindándoles la oportunidad de conocer más acerca del sistema de humedales y remarcar la importancia del cuidado del agua.

1.2 Objetivos.

1.2.1 General.

Diseñar el espacio abierto que, además de ser un espacio habitable y útil para la población, sea un sistema de humedales artificiales que permita la potencialización de la imagen del lugar, además de la depuración de las aguas residuales y la recolección de las aguas pluviales, a partir de un análisis del caudal hidráulico de las instalaciones del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

1.2.2 Particulares.

- Analizar referencias bibliográficas de los diferentes humedales artificiales que existen para su definición y elección del mejor diseño para su uso en el espacio abierto y público.
- Realizar un diagnóstico del sitio que permita la disminución de la concentración de contaminantes en el agua, que sea un sistema pasivo de bajo consumo energético, que minimice los costos de operación y de fácil mantenimiento a largo plazo.
- Diseñar un espacio abierto, a partir de un humedal artificial de manera que sea un espacio natural visualmente atractivo, con el fin de mejorar el valor recreativo de la zona y que influya en el bienestar emocional de los usuarios.

1.3 Justificación.

Dentro de las ciudades, los espacios abiertos con áreas verdes son de gran importancia ya que generan múltiples beneficios tanto ambientales como sociales. Puesto que favorecen a la imagen urbana complementando las características arquitectónicas de las edificaciones y de generar vistas placenteras o icónicas de la ciudad, además de influir en el estado de ánimo de las personas.

Sin embargo, con el rápido crecimiento urbano de las ciudades y por la falta de planeación de estas, ha provocado la desaparición parcial o total de áreas verdes tanto públicas como privadas; las cuales son las encargadas de captar el agua pluvial y llevarla a los mantos freáticos.

Además, con el creciente deterioro de los recursos hídricos y la falta de sistemas de tratamiento de las aguas residuales y el cauce directo de las aguas de lluvia hacia el drenaje; se deben buscar y aplicar alternativas de encauce y depuración del agua, que sean eficientes, autónomas y económicamente viables. Dentro de las propuestas de solución se encuentran aquellos tratamientos que simulan ser fenómenos que ocurren en la naturaleza, siendo estos sistemas denominados como tratamientos naturales de aguas residuales.

En los últimos años el uso de los humedales artificiales se ha incrementado, ya que se destacan por la integración armoniosa de la infraestructura verde con los espacios urbanos o rurales y por los aportes en los ámbitos recreativos, educativos y paisajísticos; lo que permite fomentar la conexión entre la naturaleza y las personas, la mejora del bienestar emocional de los individuos y el refuerzo de la sostenibilidad ecológica.

Así mismo, se caracterizan por ser una de las mejores opciones de tratamiento de aguas residuales, ya que se ha demostrado que son efectivos en la reducción de materia orgánica, en la transformación y asimilación de nutrientes y en la retención o eliminación

de sustancias tóxicas, con el fin de verter el agua lo más limpia posible al medio ambiente
(Martínez Reséndiz et al., 2025)

Además de presentar bajos costos de inversión, operación, mantenimiento y de no requerir personal altamente capacitado, también proporciona beneficios ecológicos, como la creación de hábitats para la fauna local, generan zonas de amortiguamiento de crecidas de ríos, son fuentes de agua en procesos de reutilización de aguas residuales y la mejora del paisaje urbano (Arias y Brix, 2003).

Con este contexto, se propone el diseño de un sistema de humedales artificiales en el Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón Hidalgo, los cuales permitirán mejorar la imagen del espacio abierto, haciéndolo habitable y amigable con el medio ambiente, además de que las aguas residuales obtenidas de las instalaciones y colecta las aguas pluviales, se puedan aprovechar en el riego de las áreas verdes y reducir la demanda de agua potable, permitiendo a largo plazo la reducción de tarifas y costos de abastecimiento de esta.

1.4 Alcances y limitaciones.

1.4.1 Alcances.

- Diseñar un área verde que mejore la imagen del espacio abierto del CRIT Hidalgo que además de la mejora de la percepción del paisaje, pueda ser habitable. Esto logrado a partir de la implementación de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales y al almacenamiento de aguas pluviales obtenidas de las instalaciones del Centro de Rehabilitación CRIT, Hidalgo.
- Se propone un diseño que integre criterios de sostenibilidad y paisajismo, considerando los factores naturales y antrópicos presentes en el sitio.
- Los humedales artificiales están dimensionados a partir de la cantidad de agua obtenida del sistema de biodigestores, los resultados de laboratorio y los grosores de la grava como medio filtrante.
- Con base a la bibliografía consultada, se incluyen criterios de selección para la paleta vegetal, la disposición hidráulica y los materiales de construcción.
- El sistema considera la reutilización del agua tratada para riego de áreas verdes internas, contribuyendo en la disminución del consumo y tarifa del agua potable.

1.4.2 Limitaciones.

- Se desconoce al 100% la calidad de agua que llegaría al sistema de humedales artificiales, debido a que no se cuenta con los estudios del estado del agua tratada por los biodigestores.
- La dificultad del crecimiento de especies vegetales en los jales mineros.

II. Marco teórico

2.1 Los humedales como espacios habitables y de recreación.

En las últimas décadas, se ha demostrado en varias investigaciones que al pasar tiempo en la naturaleza es benéfica para la salud física y mental de las personas, ya que hay un aumento en la energía y una mayor sensación de bienestar (*Rochester, 2010*).

Uno de esos casos son los humedales artificiales, los cuales se les considera como un espacio natural y potencial infraestructura verde, además de considerarse como un espacio azul urbano, ya que estos se caracterizan por áreas donde hay agua visible y a menudo están en contacto con la naturaleza, presentan múltiples beneficios estéticos, educativos, culturales y espirituales (*Fernández Díaz, 2020*)

Casos relevantes como el Sydney Park en Australia, el Renaissance Park en Tennessee o el Houtan Park en Shanghai, son sitios que incorporan los humedales artificiales dentro de su complejo, convirtiéndolos en espacios habitables, además de que sean para el tratamiento de aguas contaminadas o el control de inundaciones (*Martínez Reséndiz et al., 2025*).



Figura 1.A: Humedales del Parque de Sídney, Australia.
Fuente: (*Ora, 2020*).

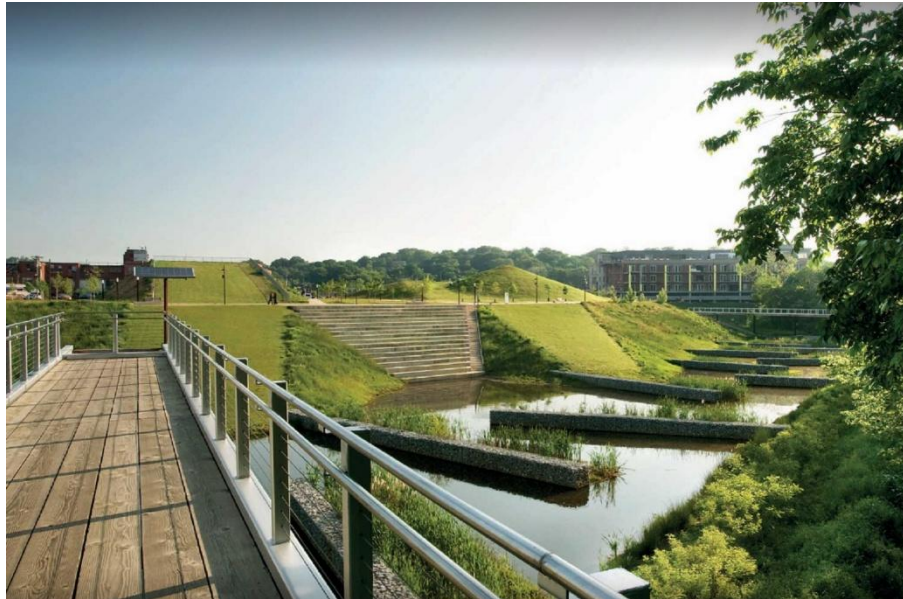


Figura 1.B: Parque Renacentista de Chattanooga, Tennessee, EUA.
Fuente: (Thiel, 2016).



Figura 1.C: Parque Houtan, Shanghai
Fuente: (ArchDaily, 2013)

Sin embargo, con base a su contexto urbano o natural y con la intervención de la arquitectura paisajística han aprovechado a los humedales artificiales como un espacio estético mediante la implementación de áreas recreativas o vegetadas, senderos y zonas elevadas, lo que permite la interacción del ser humano con la naturaleza (Martínez Reséndiz et al., 2025).

Con la convivencia directa con los diferentes entornos naturales, la gente comienza a formar una especie de apego a este tipo de sitios y reconociéndolos como un espacio icónico dentro de su comunidad, este fenómeno puede definirse como “identidad social urbana” o “espacio simbólico urbano”.

Estos conceptos permiten comprender mejor la interacción y los efectos positivos o negativos que pueden recibir los individuos al momento de estar en contacto con los diferentes hábitats; además de tener una noción conceptual al momento de llevar a cabo alguna intervención dentro del medio ambiente, ya sea para la construcción social del espacio público o la rehabilitación de zonas urbanas con problemáticas ambientales (Martínez Olivarez et al., 2022).

2.2 Antecedentes históricos.

Los humedales naturales, además de formar hábitats de gran importancia para los seres vivos; se ha descubierto que estos actúan como filtradores de agua gracias a las plantas hidrófitas que la conforman, debido a sus tejidos donde se va almacenando y liberando el agua, siendo el comienzo del proceso de filtración.

En la antigüedad, los humedales eran drenados por ser considerados simples inundaciones; sin embargo, conforme las personas vieron su gran potencial retomaron su uso. (*Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2025*)

Sin embargo, ya sea por descuido o desconocimiento, fueron utilizados como sitios de descarga de las aguas residuales. Esto se dio principalmente como medio de eliminación, más no como tratamiento. Esta tendencia fue llevando a muchos humedales, tales como pantanos, a saturarse de nutrientes y posteriormente a degradarse ambientalmente (*Hoffmann et al., 2011*).

Durante los años sesenta, en Alemania se llevaron a cabo el desarrollo de pequeños prototipos de humedales; estos surgieron a partir de la observación de la mejora en la

calidad del agua en los humedales naturales, con base a ello se propuso emular los procesos de purificación que se llevaban a cabo en estos, gracias a ello, dio lugar al desarrollo de los humedales artificiales.

Inicialmente fueron empleados para la depuración de descargas con baja concentración de materiales orgánicos, o bien para el tratamiento de aguas grises; sin embargo, a partir de los años ochenta comenzaron a utilizarse en sistemas de mayor capacidad, es decir, en sistemas cuyo caudal fuera mayor.

Conforme se dieron los avances tecnológicos y de las investigaciones, en los años noventa se pudieron diseñar los humedales artificiales para una gran diversidad de aplicaciones, desde el tratamiento de las aguas residuales municipales o aguas de retorno agrícola hasta las relacionadas con algunas industrias generadoras de aguas residuales con materia orgánica.

A partir del año 2000, se han formado un gran número de agrupaciones científicas involucradas con el desarrollo y mejoramiento de la tecnología de los humedales artificiales; permitiendo un avance significativo en la obtención de información sobre los mecanismos físicos, químicos, biológicos e hidráulicos que conforman el tratamiento de agua residual con este sistema de humedales (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2025).

2.3 Humedales naturales: definición y función.

Conforme a lo establecido en la Convención de Ramsar, un tratado intergubernamental que ofrece una normativa para la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos, define a los humedales como:

“Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o

corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Por otra parte, para poder darle protección a espacios que cumplen con las características antes mencionadas y que puedan enlistarse en la lista Ramsar de Humedales de Importancia Internacional, se estipula que:

“Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”

Los humedales son considerados como los medios más productivos del mundo, puesto que contienen una gran diversidad animal y vegetal, además de ser una fuente de agua y de productividad primaria. (*Ramsar Convention on Wetlands, 1971*).

Sin embargo, no todo suelo que se llena de agua es considerado un humedal; para ello, la zona debe contener el líquido durante un período de tiempo suficiente para que prospere la flora acuática.

La principal función de los humedales es darle equilibrio eterno de los mantos acuíferos que regulan el flujo de ríos, mitigan los cambios climáticos y estabilizan el suelo mediante las raíces.

Es posible identificar 6 tipos principales de humedales, según el Centro Regional Ramsar:

1. Marinos: son lo que están situados en las costas.
2. Estuarinos: ubicados donde los ríos desembocan en el mar, por ejemplo, manglares, deltas y marismas de mareas, cuya salinidad es media.
3. Lacustres: humedales conectados con lagos.
4. Palustres. de aspecto pantanoso, como las marismas y las ciénagas.
5. Ribereños: situados a los lados de ríos y arroyos.

6. Artificiales: creados por el hombre con un propósito específico, por ejemplo, como embalses, como criaderos de especies acuáticas comerciales, entre otros (*Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022*).

2.4 Humedales artificiales: definición y función.

Se les define como un sistema de ingeniería, diseñados y contruidos para reproducir las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y de las reacciones de las poblaciones microbianas para el tratamiento de las aguas residuales.

También se les puede decir como: humedales contruidos, pantanos artificiales, pantanos contruidos, biofiltros; aunque también se utiliza el nombre en inglés: “wetland” siendo el nombre más completo “constructed wetland” (*Hoffmann et al., 2011*).

Se caracterizan por el uso de una paleta vegetal representado por plantas vasculares terrestres y/o acuáticas, la presencia de microorganismos, su medio poroso y su medio de soporte, el cual puede estar conformado por agregados pétreos.

Dentro de su funcionamiento, se presenta varias actividades bioquímicas de los microorganismos, donde las macrófitas junto al medio filtrante son las bases para que se hagan posibles una serie de actividades bioquímicas de los microorganismos, a través de las cuales el agua residual es tratada (*Rivas Hernández y Paredes Cuervo , 2014*).

2.5 Tipos de humedales artificiales.

2.5.1 Con base a su material vegetal.

Una de la clasificación de los humedales artificiales es en base a las características del material vegetal predominante en los lechos (Arias y Brix, 2003).

En los últimos años, se ha aplicado la fitorremediación, una tecnología alternativa, sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y efluentes contaminados;

esta se basa en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos y hasta el aire.

Con base a las formas de vida de las plantas utilizadas en los sistemas de fitorremediación acuática se clasifican en (Núñez López et al., 2004):

a) A base de macrófitas flotantes:

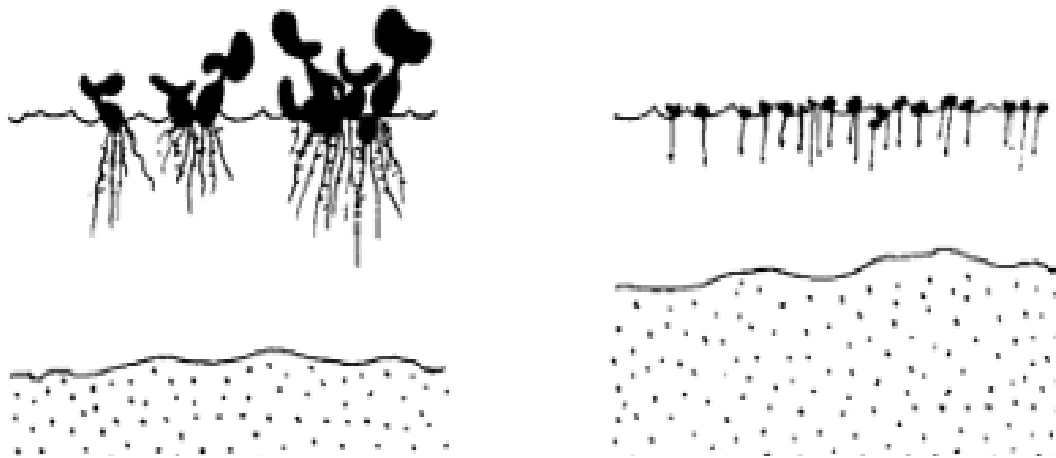


Figura 1.D: Macrófitas flotantes.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Como se muestra en la Figura 1.A, se caracterizan por tener sus órganos sobre la superficie del agua; sus raíces no están fijadas en el sustrato, lo que les da libertad de flotar sobre toda la superficie.

Las plantas flotantes de aplicación a los sistemas acuáticos de tratamiento de agua se encuentran: la lenteja de agua (*Lemna minor*), de pequeño tamaño, pero de proliferación rápida y el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), de muy alta productividad. Su función principal es la de proporcionar sombreado para dificultar el crecimiento de las algas, además de actuar extrayendo nutrientes.

En dado caso de implementar estas especies, pueden llegar a ser invasivas, perjudicando el funcionamiento del humedal cuando están en grandes colonias, por limitar la difusión de oxígeno desde la atmósfera, y bloquear el paso de la luz para las plantas sumergidas (Fernández González et al., 2020)

b) A base de macrófitas de hojas flotantes:



Figura 1.E: Macrófitas de hojas flotantes.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Tal como se observa en la Figura 1.B, son aquellas plantas donde sus raíces están ancladas en el sustrato, pero sus hojas quedan flotando sobre la superficie del agua.

Como ejemplo se tiene al nenúfar (*Nymphaea elegans* y *Nymphoides fallax*) (Núñez López et al., 2004).

c) A base de macrófitas de hojas sumergidas:

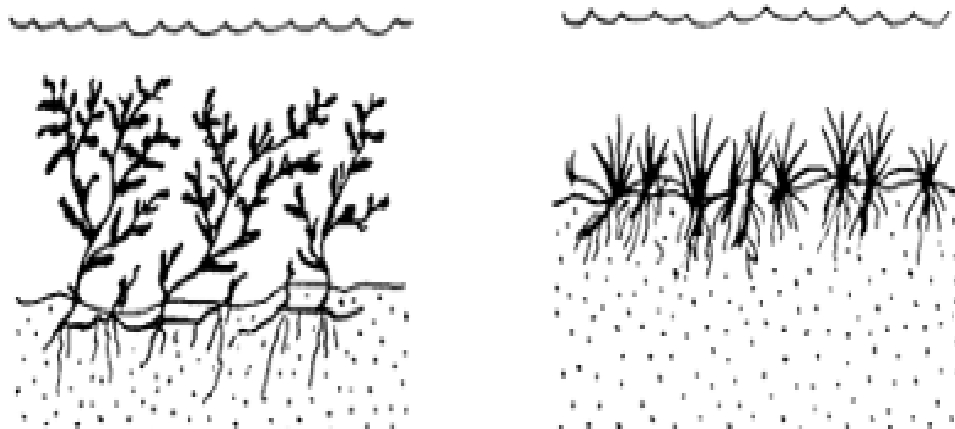


Figura 1.F: Macrófitas sumergidas.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Con base a la Figura 1.C, se les define como aquellas que se desarrollan debajo de la superficie del agua, manteniendo todos sus órganos vegetativos por debajo del nivel de

agua; lo que permite que el oxígeno liberado por fotosíntesis pase directamente al agua (Fernández González et al., 2020)

Las especies más comunes se encuentran: bejuquillo (*Ceratophyllum demersum*), hidrilla o maleza (*Hydrilla verticillata*) y pastos (*Phyllospadix torreyi*) (Núñez López et al., 2004).

d) A base de macrófitas emergentes.

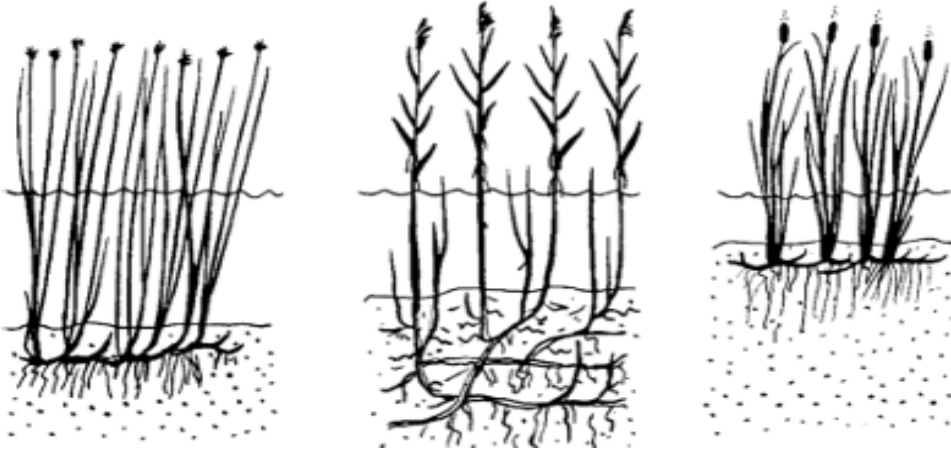


Figura 1.G: Macrófitas emergentes.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

De acuerdo a la figura 1.D, son aquellas que tienen su raíz enterrada en los sedimentos y el resto de la planta se extiende hacia arriba de la superficie del agua; también son conocidas como anfibias.

En este grupo se encuentran importantes especies de interés para los humedales artificiales, por ejemplo: el tule (*Typha domingensis*, *T. angustifolia*, *T. latifolia*), la caña común o carrizo (*Phragmites australis*) y el esparganio (*Sparganium erectum*) (Fernández González et al., 2020).

2.5.2 Con base al flujo del agua.

De acuerdo con la dirección de flujo y la posición del nivel de agua, los humedales construidos se clasifican en: (Vera et al., 2016)

a) Sistema de flujo superficial (HFS).

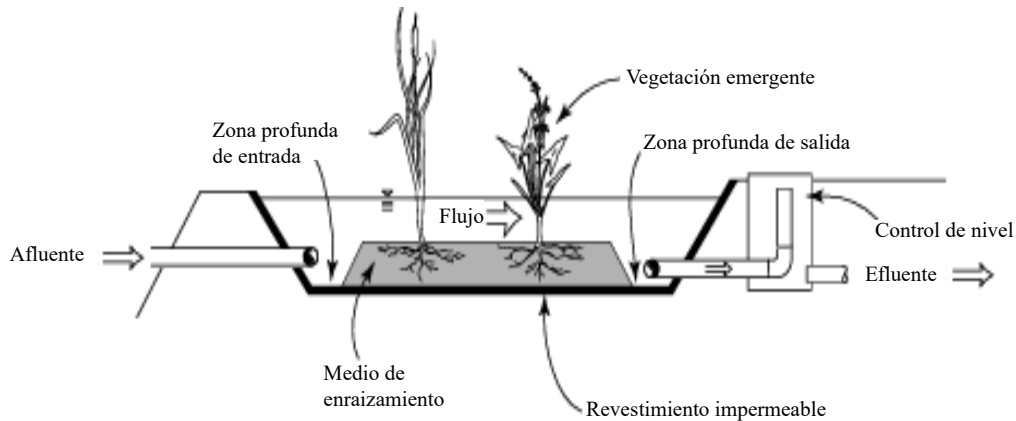


Figura 1.H: Humedal artificial de Flujo Superficial.

Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Los humedales artificiales de flujo libre superficial (FLS, free water surface wetlands) se les define como aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera (véase figura 1.E). En general, consta de una o más cuencas o canales de poca profundidad (no más de 0.60 m) que tienen un recubrimiento de fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación y una capa sumergida de sedimentos para las raíces de la vegetación seleccionada (*Environmental Protection Agency (EPA), 2000*).

Este sistema pretende reproducir los mismos procesos naturales que ocurren en los humedales naturales; permite que el agua fluya a través de los tallos y raíces de las plantas y a la luz solar directa.

No es recomendable usarlo para el tratamiento de aguas negras, ya que están traen una alta carga de sólidos y basura; por ello, se recomienda darles un tratamiento previo e implementar este tipo de humedal como un tratamiento avanzado después de otros procesos secundarios o terciarios.

Al fluir el agua a través del humedal, se llevan a cabo algunos procesos físicos, químicos y biológicos simultáneamente, los cuales se encargan de filtrar los sólidos, degradar los orgánicos y remover los nutrientes de las aguas residuales.

Una vez en la laguna, los patógenos se van eliminando del agua ya sea por descomposición natural, depredación de organismos superiores, irradiación de luz ultravioleta y sedimentación; mientras que la capa de tierra debajo del agua es anaerobia, las raíces de las plantas liberan oxígeno a su alrededor, lo que permite llevar a cabo otras reacciones químicas y biológicas complejas (Tilley et al., 2018).

b) Sistema de flujo subsuperficial horizontal (HFSH).

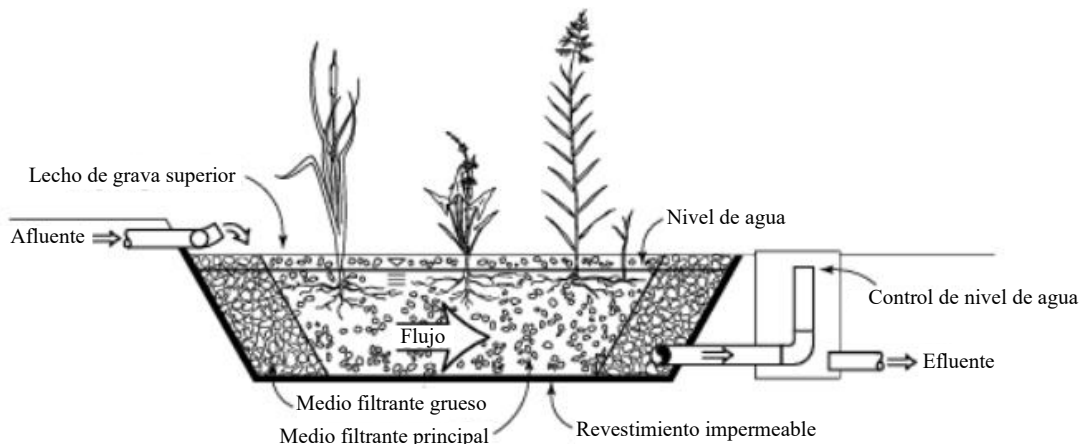


Figura 1.I: Humedal artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Se considera como el sistema más utilizado en Europa y tienen su origen a partir de la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977).

En general, el diseño (véase Figura 1.F) consta de una cuenca grande, la cual deberá estar recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones al suelo; luego es rellena con tierra o arena con grava y tendrá plantadas macrófitas acuáticas emergentes, como, por ejemplo: la caña común o el carrizo.

Como medidas se considera una profundidad de entre 0.45 m a 1 m y puede tener una pendiente de entre el 0.5% al 1%.

El agua residual ingresa de manera permanente a través de una tubería ubicada en la parte superior de un extremo del humedal, donde estará una zona de amortiguación formada por grava de mayor tamaño; así mismo, la tubería de recogida ubicada en un

punto inferior del lado opuesto; también estará rodeada por esta misma capa de grava, que puede ser de un diámetro de 50 mm a 100 mm.

El agua residual se va tratando conforme va fluyendo lateralmente de manera horizontal a través del medio poroso de menor tamaño; el cual está constituida por grava fina de un solo diámetro entre 3 mm a 32 mm, actúa como un filtro para remover sólidos, sirve como una superficie fija a la cual se pueden fijar las bacterias y como base para la vegetación (Delgadillo et al., 2010).

A diferencia de los humedales de flujo vertical (HFV) los humedales de flujo horizontal (HFH) tienen muy poca transferencia adicional de oxígeno externo; esta es una de las razones por la cual requieren una superficie mayor, debido a que el suministro de oxígeno es uno de los factores en la eficiencia del proceso de tratamiento.

Hoy en día, si el diseño de los humedales artificiales de flujo horizontal está bien hecho, tienen una alta aceptación por sus sistemas de tratamiento con bajos requisitos de mantenimiento. También son considerados como la mejor opción para aquellos lugares sin aporte de energía y de bajo gradiente hidráulico (Hoffmann et al., 2011).

c) Sistema de flujo subsuperficial vertical (HFSV).

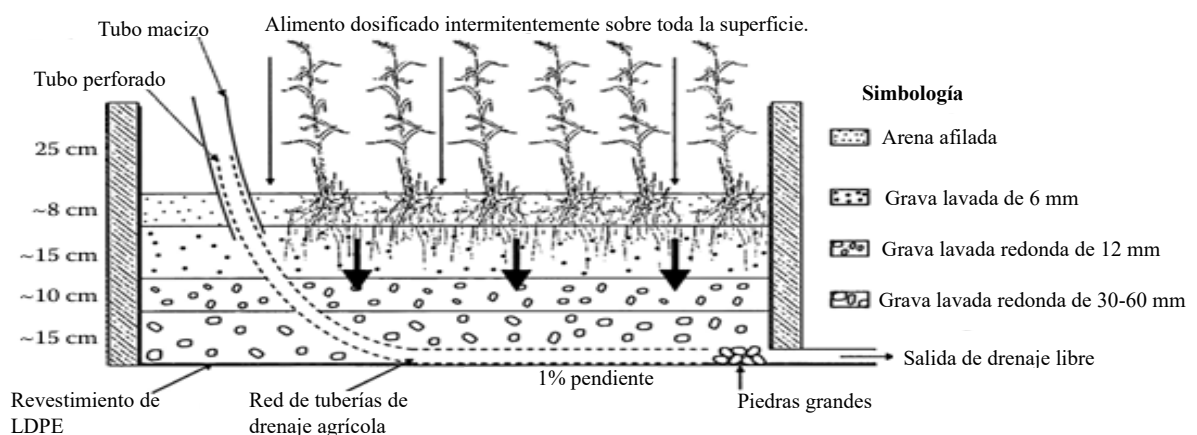


Figura 1.J: Humedal artificial de Flujo Subsuperficial Vertical.
Fuente: (H. Kadlec y D. Wallace, 2009).

Al igual que el diseño del humedal de flujo horizontal, el diseño del humedal de flujo subsuperficial vertical (véase figura 1.G) consta de una cuenca grande, la cual deberá estar recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones al suelo; luego es rellena con tierra o arena con grava distribuidas en varias capas, siendo la más fina colocada en la parte superior, conforme la grava va hacia abajo su diámetro va aumentando.

En este tipo de humedal recibe las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua; el agua se va filtrando verticalmente a través de las diferentes capas de sustrato y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal.

Para favorecer las condiciones aerobias de las capas de sedimentos, se suele colocar un sistema de aeración con chimeneas, las cuales constan de tuberías cribadas con salidas al exterior (*Delgadillo et al., 2010*).

El medio filtrante se encarga de remover los sólidos; además de ser una superficie fija en la cual se pueden fijar las bacterias y servir como base para la vegetación; en la capa superior se planta la vegetación y conforme se va desarrollando sus raíces se van haciendo anchas y profundas.

La vegetación tiene los objetivos de mantener la permeabilidad del filtro, proporcionar un hábitat para los organismos y proporcionar una pequeña cantidad de oxígeno al área de la raíz, apoyando a las bacterias aeróbicas en su expansión en el medio poroso y poder degradar los orgánicos (*Tilley et al., 2018*).

d) Sistema híbrido (HH).

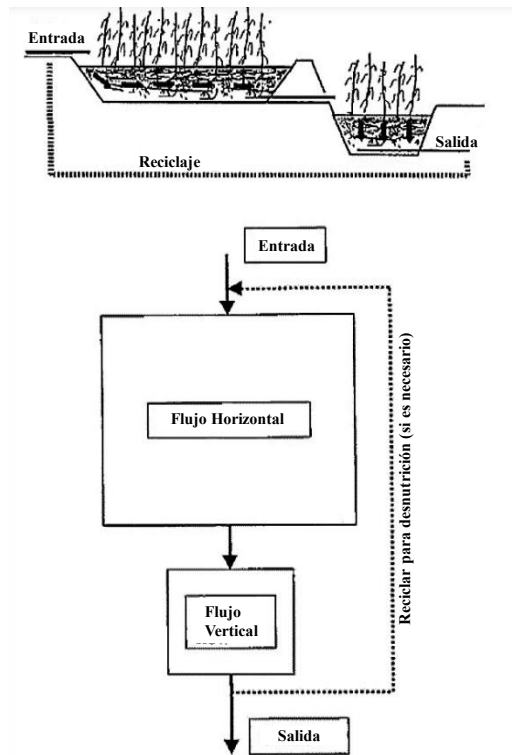


Figura 1.K: Humedal artificial híbrido FH-FV de dos etapas basado en Brix y Johansson.
Fuente: (Stauffer y Spuhler, 2025)

Como se muestra en la figura 1.H, se le define como un arreglo en serie que combina los diferentes tipos de humedales construidos, logrando que las capacidades de cada uno se complementen entre sí, para maximizar la eficiencia del tratamiento.

Los que están conformados por humedales de flujo subsuperficial horizontal y de flujo subsuperficial vertical han demostrado ser eficientes especialmente para la eliminación de compuestos nitrogenados.

En esta configuración, los de flujo vertical aportan remoción de compuestos orgánicos por procesos aeróbicos y proporciona las condiciones requeridas para la nitrificación, mientras que los de flujo horizontal hace la remoción de compuestos orgánicos por procesos anaeróbicos, además de proporcionar las condiciones para la desnitrificación (Nocetti, 2021).

De acuerdo a los objetivos de tratamiento, las características del agua por tratar, las condiciones de operación y de la disponibilidad económica; se designará cuales humedales intervendrán en el sistema y su disposición.

Para obtener una mejor calidad del agua o cuando se requiera obtener resultados específicos, se suele hacer implementar un proceso de recirculación de agua tratada en diferentes puntos del sistema (Arias y Brix, 2003).

2.6 Proyectos análogos de humedales artificiales.

El análisis de proyectos análogos, permite comprender de una manera más amplia los diferentes contextos culturales, climáticos y sociales que influyen en la conceptualización de los proyectos.

Al ir analizando los casos, se van retomando ideas sobre aspectos estéticos, funcionales y técnicos, lo que enriquece el proceso de diseño. Además, facilita la comprensión de las necesidades de los usuarios y de su entorno.

2.6.1 A nivel internacional.

Con la creciente preocupación de la escasez del agua, en varios países se ha impulsado el desarrollo e implementación de humedales artificiales para darle solución a la falta de tratamiento de aguas residuales y del impacto negativo que se le estaba dando a los ecosistemas.

Estos sistemas han demostrado ser una solución efectiva en diversas partes del mundo; adaptándose a su contexto y a la problemática a resolver.

a) Parque Rachel de Queiroz.



Figura 1.L: Vista aérea del Parque Rachel de Queiroz.
Fuente: Archdaily (2022).

- Ubicación: Fortaleza, Brasil
- Arquitectos: Architectus S/S
- Inauguración: 2022
- Superficie: 90,969 m²

El proyecto del “Parque Raquel de Queiroz” se llevó a cabo sobre un terreno afectado por inundaciones, tomo como eje estructurador el sistema de drenaje.

Para crear un sistema de amortiguación de inundaciones y contribuir en la mejora del agua del Riacho Cachoerinha, se optó por la técnica de los humedales.

Con base a los estudios hidrológicos, se propusieron 9 lagos artificiales interconectados, en donde se realiza el proceso de decantación y fitorremediación de las aguas del arroyo y las pluviales. En este proceso los microorganismos se fijan tanto en la superficie del suelo como en las raíces de las plantas acuáticas.

Para aprovechar su potencial paisajístico, los lagos artificiales junto a la implementación de áreas verdes con la siembra de 600 árboles; fueron fundamentales para la recuperación de la fauna y flora local, sin excluir el uso urbano por la comunidad.

Dentro del diseño, se implementaron caminos entre los lagos, los cuales conducen a los visitantes a diversas áreas de permanencia estructuras en instalaciones culturales, deportivas o de ocio.

Los espacios que se definieron son: un parque para perros, canchas polideportivas, dos pasarelas metálicas sobre el Riacho Cachoeirinha, juegos infantiles, spiribol, espacio de lectura, gimnasio al aire libre y una pista bidireccional en todo el perímetro del parque, garantizando así un espacio seguro para caminar, correr y andar en bicicleta.

Desde el desarrollo del proyecto, el programa de necesidades fue diseñado para que se fomentará la apropiación del espacio por parte de la población y que fuera un componente para la sostenibilidad ambiental, evitando que la zona se convirtiera en un lugar de depósito clandestino de basura.

Por ello, al ser un área extensa, se buscó la conexión e integración de los espacios que conformarían al Parque para un mejor disfrute de todo el conjunto (*Moreira, 2022*).

b) Parque del humedal Minghu.



Figura 1.M: Vista aérea del parque del humedal Minghu.
Fuente: Archdaily (2015).

- Ubicación: Lupanshui, China
- Arquitectos: Turenscape
- Inauguración: 2018
- Superficie: 90 hectáreas.

En la comunidad de Liupanshui, ciudad industrial desde 1960 y ubicado en un valle rodeado de colinas de piedra caliza, con el río Shuichenghe corriendo a través de ella y con una superficie de 60 kilómetros cuadrados, se ha convertido en una ciudad densamente habitada.

Por lo que se convirtió en un elemento importante de campaña de mejora ambiental por parte del gobierno de la ciudad; para poder hacer una intervención se tuvieron que hacer una estrategia integral que pudiera hacer frente a los siguientes problemas:

1. Contaminación del agua:

Liupanshui al ser una ciudad industrial, los ciudadanos han sufrido con la contaminación resultante del aire y del agua durante mucho tiempo.

Con el depósito de contaminantes sobre las laderas circundantes, se lleva la esorrentía de fertilizantes y de las aguas residuales de los asentamientos dispersos en la ladera hacia el río.

2. Inundaciones del río y de aguas pluviales:

La ciudad es propensa a inundaciones del río y de aguas pluviales durante los periodos de mozn; mientras que, en sequía, su condición es severa, ya que el agua no se mantiene por su geología caliza porosa, por lo su estado es muy seco.

3. Recuperación del río madre:

A partir de la década de 1070 se implementaron métodos para solucionar las inundaciones, pero como el canal transmite el agua de lluvia desde aguas arriba causó problemas severos en aguas más abajo.

Por lo que, el río se convirtió en una zanja de cemento, perdiendo así su capacidad de retención en inundaciones.

4. Creación de espacios públicos:

La recreación de espacios verdes en esta zona es inadecuada por lo explosión de la población; debido a que, se ha convertido en una zona abandonada.

Conociendo las problemáticas presentes en la zona, la arquitecto paisajística llegó a la estrategia principal de: reducir la velocidad del flujo de agua de las laderas y crear una infraestructura ecológica a base de agua que retenga y remedie el agua de lluvia, y hacer que el agua sea el agente activo en la regeneración de un ecosistema sano que proporcione servicios naturales y culturales que transformen la ciudad industrial en un hábitat humano habitable.

Para llegar a ello, se centró tanto en la cuenca de drenaje del río Shuicheng y la ciudad, donde las corrientes existentes, humedales y tierras bajas están todas integradas en un sistema de gestión de aguas pluviales y de purificación ecológica unidos por el río, formando una serie de lagunas de retención de agua y humedales de purificación con diferentes capacidades.

Con ese enfoque no sólo reduce al mínimo las inundaciones urbanas, pero también aumenta el caudal de base para sostener el flujo de agua del río después de la temporada de lluvias.

Por otra parte, se eliminó el terraplén de hormigón del río canalizado, obteniendo una ribera natural restaurada para revitalizar la ecología ribereña y maximizar la capacidad de autodepuración del río.

Además, se crearon espacios públicos continuos para contener rutas para peatones y bicicletas, incrementando el acceso a la orilla del río; siendo estos corredores los que integran la recreación urbana y los espacios ecológicos.

El Parque del Humedal Minghu fue creado en un sitio compuesto por parches de humedales deteriorados, estanques de peces abandonados y tiras de campos de maíz mal gestionados.

En su primera fase del proyecto ha sido diseñada utilizando todas las tácticas para la reconstrucción de la salud ecológica que conduce a la recuperación de la biodiversidad y el hábitat nativo, retención y mejora de la calidad del agua de las aguas de lluvia, y el acceso público a la alta calidad del espacio abierto, y, finalmente, un catalizador para el desarrollo urbano.

Los elementos que permitieron alcanzar estos objetivos fueron:

1. Eliminación del terraplén del río de hormigón:

Con el fin de crear zonas ecológicas, una parte permite que la vegetación nativa a crecer dentro de la zona de inundación y la otra establece condiciones para la vegetación emergente en el lecho del río.

También se hizo la adición de cascadas de aireación a lo largo del río para añadir oxígeno que fomente la bio-remediación del agua rica en nutrientes.

2. Humedales en terrazas y estanques de retención fueron creados para reducir el flujo de agua pico y regular el agua de lluvia estacional:

Las terrazas están inspiradas en las técnicas agrícolas locales que capturan y retienen el agua y transforman fuertes pendientes en campos productivos. Sus posiciones, formas y profundidades se basaron en información geográfica y análisis del flujo de agua.

Estos hábitats aterrizados ralentizan el flujo del agua y aceleran la eliminación de nutrientes del agua por microorganismos y plantas que utilizan el exceso de nutrientes como recursos para un rápido crecimiento.

3. Sendas peatonales y ciclovías:

Se plantean sobre los espacios verdes y a lo largo de los cursos de agua, formando un circuito alrededor y entre las terrazas de los humedales. Dentro de los recorridos se añaden plataformas de descanso con asientos, pabellones y una torre de observación.

El artefacto construido más emblemático es un puente de arco iris de color cálido, en contraste con el clima frecuente fresco y húmedo; el cual conecta tres lados del humedal central.

Con la implementación de estas técnicas de paisaje, este parque se ha convertido en un espacio de alto rendimiento y de bajo mantenimiento; puesto que regula las aguas pluviales, limpia el agua contaminada, restaura hábitats nativos para la biodiversidad, y atrae a los residentes y turistas (*Archdaily, 2015*).

c) Humedal Urbano Usaquéen.



Figura 1.N: Vista aérea del parque del humedal urbano Usaquéen.
Fuente: Archdaily (2015).

- Ubicación: Bogotá, Colombia
- Arquitectos: Obraestudio
- Inauguración: 2016
- Superficie: 8500 m²

Para el desarrollo del proyecto, se definió como zona de intervención el espacio comunal abierto al interior de la supermanzana del Centro Empresarial Santa Bárbara (CESB) en el Norte de Bogotá. Para su concepción del diseño, no solo se requería intervenir el espacio logrando un impacto positivo puntual sino a nivel zonal o urbano, mostrando una construcción armónica y sostenible que fuera de lo privado a lo público, convirtiéndose en un referente urbano para la ciudad.

Su concepto se basó el humedal de la sabana, su vegetación, su geometría indefinida y los matorrales de sus áreas rocas. Con los trazos, las texturas y los colores se pudo recrear un ecosistema intermedio entre lo terrestre y acuático.

El espacio público se incorpora de manera espontánea y fluida entre el agua y la vegetación; permitiendo que el peatón se refugie del contexto urbano circundante y se pueda sumergir en un espacio natural inesperado.

Para su construcción, se hizo sobre una placa aérea de parqueaderos, esto constituyó uno de los mayores retos arquitectónicos y técnicos del proyecto, que requirió una evaluación milimétrica de las características estructurales, funcionales y técnicas originales del área intervenida.

Para que el proyecto fuera factible de desarrollar, se consideraron las siguientes características:

1. Sostenibilidad.

Para el sostenimiento de la vegetación nativa, se creó un sistema de recolección y recirculación del 100% del agua lluvia.

El agua de lluvia recorre el cuerpo central de agua y por todas las superficies blandas del paisajismo, mediante un sistema general de riego.

2. Plataforma de espacio público.

De acuerdo al espacio designado, este se construyó sobre los estacionamientos existentes del CESB; sin embargo, con el diseño del mobiliario (bancas), permite la ventilación natural de los sótanos de forma funcional y armoniosa con el espacio público.

3. Materiales.

Las superficies de piso están construidas al 100% con piedras y maderas naturales locales y el diseño del mobiliario es exclusivo para el proyecto (*Ott, 2019*).

2.6.2 A nivel nacional.

En México, ha aumentado la necesidad de buscar soluciones sostenibles para el tratamiento de aguas residuales, siendo una de esas soluciones la implementación de humedales artificiales como una alternativa sostenible y económica.

Por ello, se ha registrado en los últimos años; como las instituciones y comunidades han implementado y adaptado estos sistemas pasivos de tratamiento de acuerdo a su contexto, para poder contribuir en el cuidado del agua.

a) Humedales artificiales en San Juan de Aragón.



Figura 1.0: Vista panorámica de humedal del Bosque de San Juan de Aragón.
Fuente: SEDEMA (2023).

- Ubicación: Zoológico de San Juan de Aragón, Ciudad de México.
- Desarrollado: Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental (GAIA) de la Facultad de Química de la UNAM
- Inauguración: 2 de febrero de 2020
- Superficie: 1,800 m² área de humedal
1,223 m² área de andadores

El lago del Bosque de San Juan de Aragón (LBSJA) está conformado por tres espejos de agua, estos suman una superficie total de 12 hectáreas. Siendo unos de los de mayor tamaño en la Ciudad de México, presta servicios ambientales como el incremento en la humedad relativa existente en el Bosque, contribuyendo en la disminución de la isla de calos, en brindar un refugio a las aves y fauna acuática y siendo un espacio con fines recreativos.

Al lago se le define como un cuerpo de agua artificial, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 120,000 metros cúbicos y una superficie de 118,805 metros cuadrados destinados para los espejos de agua.

Es abastecido con el agua previamente tratada por la Planta de Tratamiento de San Juan de Aragón (PTSJA), mejor conocida como Planta de "Tlacos", la cual provee de un volumen diario de 5,616 m³. De igual forma, recibe el aporte del agua de lluvia, con un estimado de 210 m³ diarios entre los meses de julio a octubre.

Dentro de las pérdidas del volumen hídrico del lago comprenden cuatro aspectos: la evaporación, que se estima en 119 m³ al día; el rebombear de agua hacia la Alameda Oriente con un volumen diario de 8,54 m³; la infiltración y el envío de excedencias al drenaje que se estima en 4,643 m³ al año.

En el caso de la definición de su ubicación final, se hizo tomando en cuenta el estudio "Simulación de los contaminantes en el lago del Bosque de San Juan de Aragón, México, D.F." proporcionado por las autoridades del Bosque, estableciéndose que el mejor sitio era el cuerpo sur del lago debido a que no solamente mejoraría la calidad del agua, sino también al entorno paisajístico de la zona.

Debido a que, dentro de los objetivos principales para la implementación de un humedal artificial para el tratamiento del agua del Lago, se había definido la creación de un espacio propicio para el desarrollo de vegetación acuática que contribuya en el mejoramiento de la calidad del agua del lago y en consecuencia a conformar un hábitat para especies de

aves migratorias; por ende, poder contar con una instalación de carácter didáctico y concientizar a la comunidad la importancia de cuidar a la fauna.

Para la selección de la tecnología de acuerdo a las características de los humedales artificiales, se consideró las características y vocación del sitio, composición del agua a tratar, calidad del agua tratada requerida y pruebas de laboratorio específicas para la selección de materiales de empaque y del componente vegetal.

El sistema de tratamiento a base de humedales artificiales ha demostrado su capacidad para reducir de manera significativa el contenido de carbono y bacterias coliformes a niveles que permiten cumplir con la calidad del agua para uso en cuerpos acuáticos recreativos en donde las personas tengan contacto directo con la misma.

También, se ha demostrado que, para los compuestos nitrogenados y fosforados, la reducción no sólo supera lo establecido por la normatividad nacional, sino que se ha reducido a valores que permiten controlar el proceso de eutrofización.

El lago del Bosque de San Juan de Aragón se ha convertido en un referente de información que puede ayudar en una mejor comprensión de estos sistemas, debido a que su funcionamiento real resulta difícil, dado lo complejo de los procesos y fenómenos involucrados en la depuración de aguas contaminadas que en ellos se realiza (*Luna Pabello y Arbusrto Castañeda, 2014*).

b) Humedal artificial en Cihuatlán.



Figura 1.P: Humedal de la comunidad de Cihuatlán.
Fuente: Secretaría de Salud Jalisco (2021).

- Ubicación: Cihuatlán, Jalisco.
- Desarrollado: Pronatura
- Inauguración: 14 de agosto de 2021
- Superficie: 18 mil m²

El gobernador del estado de Jalisco, Enrique Alfaro Ramírez y los directivos de la empresa Coca Cola, han hecho una colaboración para la inauguración de un humedal basado en la naturaleza, el cual tratará el agua urbana generada en la comunidad jalisciense de Cihuatlán para cubrir las actividades productivas y necesidades básicas de más de 18 mil habitantes.

El sistema consta de fitotratamiento o biofiltración; está diseñado para la depuración de las aguas residuales que se inspira en las interacciones y procesos físicos, químicos y biológicos de un humedal natural.

Ubicado en un espacio de más de 18 mil metros cuadrados, este humedal construido se considera como uno de los más grandes de Latinoamérica y es el primero de cuatro humedales que se construirán en nuestro país, como parte de una estrategia integral de

la Industria Mexicana de Coca-Cola (IMCC) que busca promover el acceso de las comunidades a agua limpia. Además, de contribuir en el saneamiento de las aguas residuales de Cihuatlán, también mejorará la calidad del río Marabasco.

El humedal tendrá una capacidad de tratamiento para más de 3 millones de litros de agua urbana al día, lo que equivale a llenar más de 600 pipas de agua con una capacidad de 5 mil litros cada una al día. El agua tratada será utilizada para alimentar un vivero de producción agroforestal de 780 m², el cual tiene la capacidad de alojar 50 mil plantas forestales, ornamentales y frutales.

El proyecto se llevó a cabo bajo la dirección de Pronatura, organización que conserva y restaura la biodiversidad de los ecosistemas en todo México; con el objetivo de buscar el bienestar de las personas, la naturaleza y la economía.

Para el desarrollo de este humedal emplearon una tecnología amigable con el medio ambiente, emplearon plantas de ornato para la eliminación de bacterias y olores, desinfectan el agua con luz ultravioleta y permite utilizar el agua resultante en proyectos productivos como el riego de viveros de cultivo y venta de flores, representando un ingreso económico para el sustento de las familias (*Comunicación Social Del Gobierno Del Estado De Jalisco, 2021*)

c) Humedal artificial en Atequizayán.



Figura 1.Q: Vista panorámica del Humedal artificial en Atequizayán.
Fuente: Gobierno de Zapotlán el Grande (2021).

- Ubicación: Atequizayán, Zapotlán el Grande, Jalisco.
- Desarrollado: CIATEJ
- Inauguración: 20 de septiembre de 2021
- Superficie: 18 mil m²
- Agua tratada: 150 mil litros

En la comunidad de Atequizayán, Zapotlán el Grande se llevó a cabo la inauguración de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) por parte de las autoridades municipales, está construida de acuerdo a la patente y asesoramiento técnico del CIATEJ, por parte del Dr. José de Anda Sánchez, investigador de la Unidad de Tecnología Ambiental.

El humedal artificial se le define como una obra sustentable que tratará y dará saneamiento al agua residual de hasta 1000 habitantes, produciendo 150 mil litros al día, la cual será utilizada como agua de riego agrícola.

Así mismo, no requiere de personal especializado para su funcionamiento, no genera malos olores y su costo de operación y mantenimiento es de 1 a 3 pesos por cada metro cúbico de agua residual, mientras que en una planta tradicional es de 7 a 10 pesos por metro cubico (*Fuentes González, 2021*)

2.7 Marco Jurídico.

Para asegurar que el diseño y funcionamiento de los humedales artificiales sea eficiente en cuanto al tratamiento de agua y su impacto ecológico, es fundamental consultar las normativas oficiales establecidas por el gobierno para certificar que el planteamiento y desarrollo de los humedales cumpla con los parámetros establecidos. A continuación, se hace mención de las normativas ambientales vigentes:

2.7.1 NOM-001-SERMANAT-2021

En esta Norma Oficial Mexicana, se establecen los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales.

Define como objetivos el preservar los derechos humanos al agua y al saneamiento, mencionados en el artículo 4° de la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como garantizar su disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad, calidad, seguridad y admisibilidad.

Así mismo, menciona que las personas físicas o morales, que exploten, usen o aprovechen aguas nacionales para cualquier actividad, tienen la responsabilidad de tomar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso, de reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento en el futuro y mantener el equilibrio en los ecosistemas; referido en el artículo 85° de la Ley de Aguas Nacionales.

Dentro de los aspectos que considera esta NOM se encuentran las siguientes especificaciones:

- Métodos de prueba.
- Muestreos.
- Parámetros de temperatura.
- Medición de la toxicidad.
- Procedimiento para la evaluación de la conformidad.
- Clasificación de los cuerpos receptores
- Enfoque de usos posteriores para mejorar la gestión y la protección de cuerpos de agua.
- Concordancia con otras normas internacionales.
- Es de carácter obligatorio para aquellos responsables que hagan descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo de agua propiedad de la Nación (*Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022*).

2.7.2 NOM-002-SERMANAT-1996

En este caso, la Norma Oficial Mexicana se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con el objetivo de prevenir y controlar la contaminación de las aguas, así como la protección de la infraestructura de los ecosistemas.

No se aplica para las descargas de aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

Dentro de las especificaciones que considera la NOM se encuentran las siguientes consideraciones:

- Métodos de prueba para determinar los valores y concentraciones.

- Los límites permisibles para contaminantes de las descargas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal se encuentran detallados en la Tabla 1.A.

Tabla 1.A: LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables	5	7.5	10
(mililitros por litro)			
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Fuente: Secretaría de Gobernación (1998).

- En la Tabla 1.B, se encuentran los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal en base a la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio.

Tabla 1.B FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

Fuente: Secretaría de Gobernación (1998).

- En el momento del muestreo, los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 1.C de acuerdo a las fechas establecidas; deben ser cumplidas de manera gradual y progresiva, conforme al rango de población.

Tabla 1.C:
FECHAS DE CUMPLIMIENTO

FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 1999	mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2004	de 20,001 a 50,000 habitantes
1 de enero de 2009	de 2,501 a 20,000 habitantes

Fuente: (Secretaría de Gobernación, 1998).

- Los deberes y obligaciones que tienen los responsables que hagan descargas de las aguas residuales *(Secretaría de Gobernación, 1998).*

2.7.3 NOM-003-SERMANAT-1997

En esta Norma Oficial Mexicana, se definen los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, con el objetivo de proteger al medio ambiente y la salud de las personas.

Es de observancia obligatoria para las entidades públicas y de los servicios proporcionados al público realizados por terceros; estos serán responsables desde la producción del agua tratada hasta su reusó o entrega, siendo el caso, incluye la conducción y transporte de este recurso.

Dentro de las especiaciones que trata esta NOM, se menciona:

- En la Tabla 1.D se encuentran los límites permisibles de contaminantes de aguas residuales.

Tabla 1.D:
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	5	15	30	30

Fuente: (Secretaría de Gobernación, 1998).

- Dentro de la eliminación total de materia flotante, no deberá contener concentraciones de metales pesados cianuros mayores a los límites establecidos.
- Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reúsen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.
- Responsabilidades de las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales.
- Muestreos, su periodicidad y numero de muestras de acuerdo al tipo de contaminante (*Secretaría de Gobernación, 1998*).

III. Metodología

Para llevar a cabo el diseño, se empleó la metodología mencionada en el manual “La vegetación en el diseño de los espacios exteriores”, en este se menciona que para hacer el diseño de los espacios exteriores y la obtención de espacios funcionales, se deben considerar las necesidades de los usuarios y del contexto ambiental o urbano del sitio en donde se esté llevando a cabo el proyecto con el fin de definir un plan de mantenimiento sencillo a largo plazo y que su inversión monetaria no sean tan alta (*López de Juambelz y Cabeza Pérez, 1998*)

A continuación, se hacen mención de los factores a considerar para el desarrollo de la metodología de diseño:

Como etapa inicial tenemos el análisis el cual considera las condiciones de sitio, ya sean: factores físico-ambientales (climatología, topografía, geología, tipo de suelos, hidrología y vegetación existente), los factores sociales (antecedentes históricos, contextos socioeconómicos y tipo de usuarios), los factores perceptuales (usos de suelo, estructuras arquitectónicas existentes, infraestructura de servicios, estructuras espaciales y adicionales) y los factores adicionales (elementos distintivos que brindan una identidad).

Con base a la obtención de los datos antes mencionados se formula un diagnóstico, el cual va identificando a través de notas, planos o imágenes las problemáticas, limitaciones y oportunidades a considerar durante el desarrollo del proyecto.

Más adelante se lleva a cabo la definición del potencial del sitio, en este se consideran las características espaciales del área con sus principales elementos, las posibilidades de uso o actividad y los requerimientos de mejoramiento o adaptación del espacio.

A su vez, se lleva a cabo la definición de los objetivos de diseño generales y particulares los cuales definen las acciones que se deben llevar a cabo; por otro lado, se define el programa arquitectónico-paisajístico, el cual define el programa de espacios, áreas y requerimientos de mobiliario.

En función de las ideas generadas en los puntos anteriores se define el concepto de diseño, a partir de una planta de conjunto se muestra con el apoyo de imágenes conceptuales tridimensionales la propuesta de distribución espacial y el manejo de los elementos naturales o artificiales.

Posteriormente, en el anteproyecto del plan maestro se muestra en su totalidad el uso de los elementos naturales y artificiales, su objetivo es mostrar una idea clara de cómo se organizarán los espacios, qué elementos se incluirán y cómo funcionará el conjunto, pero sin llegar aún al nivel técnico y detallado del proyecto ejecutivo.

Finalmente, el proceso termina con la propuesta de proyecto arquitectónico paisajístico, en esta etapa se lleva a cabo el desarrollo técnico de toda la información en planos y memorias para la construcción del proyecto; desde planos generales con detalles, cortes hasta especificaciones técnicas (*López de Juambelz y Cabeza Pérez, 1998*).

IV. Caso de estudio

4.1 Análisis

En esta etapa se lleva a cabo un proceso investigativo y de diseño en la Arquitectura de Paisaje, la cual se basa en la percepción del sitio con sus elementos significativos de acuerdo a la problemática a resolver en el espacio exterior; en este punto se van a identificar sus características físicos-ambientales, humanísticas, artificiales y adicionales (*López de Juambelz y Cabeza Pérez, 1998*).

Así mismo, la interpretación y análisis de la información recopilada permite la formulación de propuestas que den respuesta a las necesidades detectadas en la problemática, así como una reflexión crítica sobre su planteamiento (*Pineda Bernal, 2018*).

A continuación, se desglosan los factores:

4.1.1 Factores naturales.

4.1.1.1 Localización.

El Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) se encuentra orientado al suroeste del centro de la ciudad de Pachuca de Soto; en la Avenida Fomento Minero No. 105, colonia Venta Prieta.

Como se puede ver en la Figura 2.A, cuenta con buenas conexiones viales, ya que para acceder al inmueble se deben tomar las vías principales, las cuales son el Boulevard Luis Donaldo Colosio y el Boulevard Nuevo Hidalgo; por otro lado, para acceder al centro, su entrada principal esta sobre el Boulevard Fomento Minero.

A su alrededor se encuentran hospitales, escuelas, centros comerciales y zonas habitacionales, lo cual facilita su interconexión con otras infraestructuras y servicios.

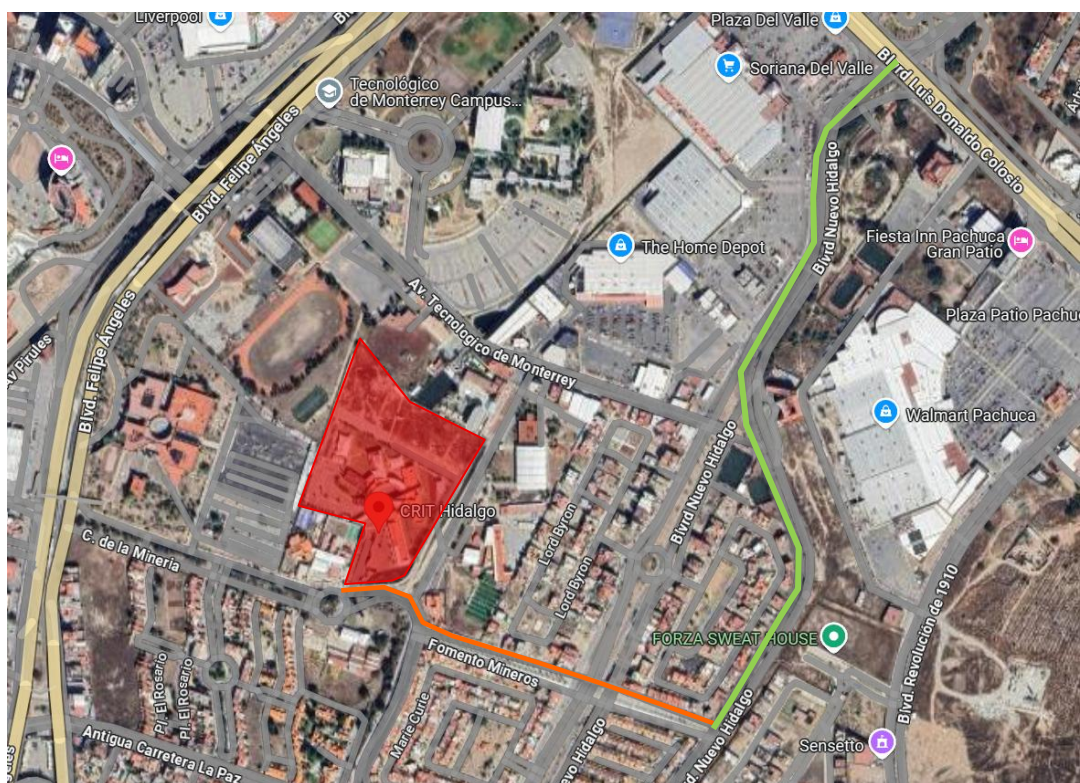


Figura 2.A: Vista satelital de la localización del CRIT.
Fuente: Google Maps (2025).

4.1.1.2 Climatología.

El clima de la ciudad de Pachuca de Soto se calcula a partir de la formula basada en las Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen realizada por Enriqueta García (1964); así mismo, se hace la consulta de los datos estadísticos de la estación meteorológica 13-056 del servicio meteorológico (*Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)*, 2025).

De acuerdo al sistema de Köppen se menciona que los parámetros para definir el clima de una zona; los cuales considera las temperaturas y precipitaciones medias, anuales y mensuales; además de la estacionalidad de la precipitación y de la distribución de la vegetación natural (*Meteo Navarra*, 2025).

Información Estadística Climatológica

- **Estación:** Pachuca
- **Número:** 13-056
- **Altitud:** 2328 msnm
- **Coordenadas:** 20°05'15" N – 98°44'59" W

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp	11.4	12.2	14.4	16.4	16.9	16	15.2	15	14.8	13.8	12.2	11.7
Prec	10.1	12.3	12.5	33.3	54.3	66.4	74	47.8	59.2	26.6	10.1	5.8

- **Mes más frío:** Enero 11.4
- **Mes más caliente:** Mayo 16.9
- **Mes más lluvioso:** Julio 74.0
- **Mes más seco:** Diciembre 5.8

Con base a los cálculos realizados en la parte de “ANEXO 01: Climatología de Pachuca 13-056” se puede observar que el clima promedio BS₁K(w)(i')g es semiseco (BS), el más húmedo del grupo (BS₁), templado con verano cálido (k), lluvias de verano de 8.46 (w), con poca oscilación térmica (i') y presencia de mancha de Ganges (g). Además, se tiene una temperatura anual de 14.2°, siendo mayo el mes más cálido con 19.9° y enero el más frío con 11.4°, con una precipitación anual de 412.4 mm.

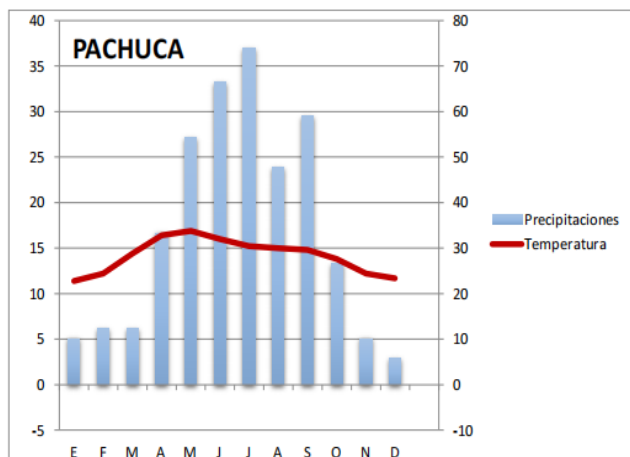


Figura 2.B: Gráfica del Climograma de Pachuca.

- **Temperatura media:** 14.17
- **Total de precipitaciones:** 412.4

4.1.1.3 Topografía.

A partir de un levantamiento topográfico, se localizaron las zonas más bajas y altas de la poligonal con el objetivo de establecer los niveles adecuados y optimizar los recorridos hidráulicos para los flujos de aguas residuales y pluviales.

Con base a los datos obtenidos, se optó localizar a los humedales artificiales al noroeste del Centro de Rehabilitación Infantil, en la zona ajardinada que está entre el estacionamiento y la zona de talleres educativos.

Esto permite que los recorridos de las instalaciones hidráulicas para las aguas residuales tratadas y pluviales sean menores y que tengan un fácil acceso hacia la zona designada para el sistema de humedales.

Además, con la cercanía que se presenta entre el sistema de humedales y la zona de cisternas (véase Figura 2.B), permite un mejor aprovechamiento del espacio y una mayor eficiencia del sistema de distribución y reusó del agua.



Figura 2.C: Análisis de la topografía del espacio designado.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.4 Suelos.

La ciudad de Pachuca de Soto, se le distingue por ser un distrito minero; durante la época virreinal e independentista fue la base de su economía y se convirtió en el centro productor de plata más cercana a la ciudad de México. Sin embargo, a finales del siglo XX el interés por la extracción de la plata se fue perdiendo; la mayoría de minas y haciendas fueron cerrando.

En los últimos años, Pachuca ha tenido un crecimiento territorial considerable hacia el sur, con dirección a la Ciudad de México; a causa de ello y a falta de una planificación territorial, la mancha urbana ha empezado a asentarse sobre los jales mineros; debido a que en la antigüedad los residuos mineros eran vertidos en el Río de las Avenidas y conforme pasaba el tiempo, estos sedimentos se iban desplazando y se fueron acumulando progresivamente, formando grandes extensiones de jal minero. *(Contreras López, 2016)*.

Con base a la información antes mencionada y de acuerdo a la localización del inmueble, se define que el tipo de suelo en el que está asentado el Centro de Rehabilitación Teletón CRIT, Hidalgo este compuesto por sedimentos mineros.

Se puede identificar que el jal minero es de baja resistencia mecánica y no es apto para el desarrollo de la vegetación, por lo que la gente opta por remover estos sedimentos para llevar a cabo las actividades de construcción.

4.1.1.5 Hidrología.

Para el diseño del sistema de humedales de este caso se considera la cantidad de agua producida en las instalaciones, debido a que en la zona de Pachuca presenta un régimen de lluvias poco frecuente.

Para determinar el nivel de tratamiento requerido y definir los parámetros de diseño para los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, se tomó como referencia los estudios realizados por parte de los Laboratorios Biofleming al agua residual producida en el Centro de Rehabilitación Infantil, debido a que se desconoce los resultados finales que tendría el agua residual al pasar por el sistema de biodigestores; los datos más importantes para llevar a cabo los cálculos se pueden consultar en la Tabla 2.A.

Dentro de estos estudios, el parámetro que se necesita para llevar a cabo los cálculos correspondientes es el de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la cual se le define como la estimación de la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para poder oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua durante los primeros cinco días (*Roffo Lecca y Ruiz Lizama, 2014*).

LABORATORIOS BIOFLEMING				
Informe de Ensayo				
Fecha de muestreo		29 - Agosto - 2023		
Instalación Muestreada:		CRIT HIDALGO		
Tipo de la muestra:		Agua residual		
Identificación de la muestra:		Agua residual NOM-003-SEMARNAT-1997		
Identificación de la descarga:		Agua de recuperación		
Temperatura:		4 °C		
Fecha de análisis:		30/08/2023 – 13/09/2023		
Parámetros fisicoquímicos.				
Determinación	Resultado	Límite permisible	Unidad	Metodología aplicada
+DB05	118.20	20	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2021
+Solidos suspendidos totales	<10	20	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2015
+Grasas y aceites	13.15	15	mg/l	NMX-AA-005-SCFI-2013

Tabla 2.A: Datos obtenidos del reporte de ensayo.
Fuente: Laboratorios Biofleming.

Con base a los datos obtenidos sobre los recorridos de las aguas residuales y a la cantidad de litros obtenidos al día (m³/d) provenientes de los biodigestores, se definieron dos redes principales (véase Figura 2.C): una proveniente de la zona de hidroterapia y la otra de la cafetería,

Se estima que el humedal artificial que recibe el agua de la zona de hidroterapia debe tratar 2,952 litros; mientras que el humedal que capta el agua proveniente de la cafetería debe darle tratamiento a 1,976 litros.

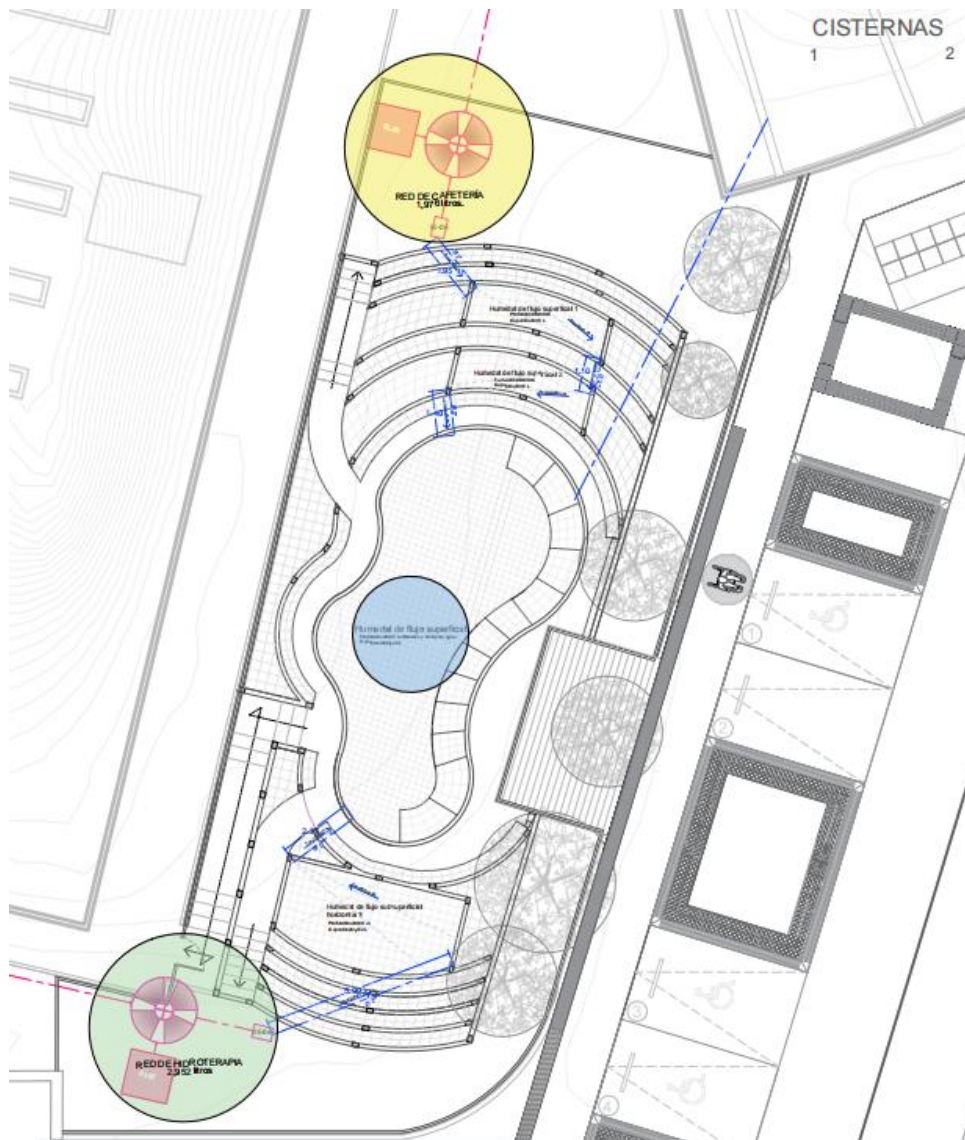


Figura 2.D: Definición redes y capacidad de almacenamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Para el humedal artificial de flujo superficial, debe tener la capacidad de almacenar 4,958 litros proveniente de los humedales de flujo subsuperficial horizontal, más el incremento que habría durante tres días más; es decir, el humedal debe tratar a 14,784 litros de agua en total.

Del mismo modo, debe recolectar y almacenar los litros estimados de agua pluvial; para ello, se toma como referencia el volumen estimado de la media mensual, el cual se estiman 26,720 litros, obtenidos de los cálculos de las precipitaciones pluviales y los puntos de recolección que se propusieron.

Con base de la media mensual, los litros totales obtenidos de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal y las medidas obtenidas del diseño del humedal, se estima que el humedal artificial de flujo superficial tenga una capacidad de almacenar 33,153 L.

4.1.1.6 Vegetación.

Con base a las características del suelo en donde está ubicado el CRIT Hidalgo, se demuestra que este tipo de sedimentos no es apto para el desarrollo y expansión de las plantas; por el momento el área de intervención cuenta con la presencia de pasto y de árboles en vías de desarrollo.

Para el diseño de los humedales artificiales se hizo la selección de plantas que fueran: nativas, existentes en la región, tolerantes a las concentraciones adversas de contaminantes, fáciles de cuidar, de crecimiento rápido y que transfieren oxígeno.

Como se muestra en la Tabla 2.B, para los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal se colocaron el carrizo (*Phragmites australis*); puesto que sus raíces pueden penetrar de 40 a 50 cm de profundidad en la grava (*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2022*).

En el caso del humedal de flujo superficial, se plantaron el tule (*Typha domingensis*) y la hoja de pescado (*Nymphoides fallax*); al ser plantas pequeñas y de necesitar suelos ricos en nutrientes (Núñez López et al., 2004).

A) PALETA VEGETAL ILUSTRADA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES:




Nombre común	Nombre científico	Forma biológica
Carrizo	<i>Phragmites australis</i>	
Tule	<i>Typha domingensis</i>	
Hoja de pescado	<i>Nymphoides fallax</i>	

Tabla 2.B: *Paleta vegetal ilustrada de los humedales artificiales.*
Fuente: *Elaboración propia.*


Por otro lado, para el diseño de los peldaños que conforman los alrededores de los humedales se escogieron especies que soportaran las condiciones del jal minero y que tuvieran colores y formas atractivas a la vista.





De acuerdo a las especies reportadas en los jales mineros de Pachuca, se han identificado las familias: de compositae: Chamaemelum fuscatum; graminae: Agrostis capillaris; cruciferae: Brassica juncea, leguminosae: Medicago polymorpha; solanaceae: Solanum corymbosum y chenopodiaceae: Atriplex suberecta. Por otro lado, a partir de los bioensayos se tienen las siguientes especies vegetales: Asclepias linaria, Carpobrotus edulis, Dietes vegeta, Hedera hélix, Sedum praealtum, Senna multiglandulosa y Trifolium repens.

Aunque existe una gran variedad de árboles, arbustos y hierbas que puedan soportar las condiciones de los jales mineros, para este caso se deben proponer especies vegetales de carácter ornamental destinados para las áreas verdes y que sean comerciales. (Contreras López , 2017).

En la Tabla 2.C se muestra las plantas ornamentales que se escogieron para los peldaños, a partir de las fichas de CONABIO: (Biodiversidad, 2025)

B) PALETA VEGETAL ILUSTRADA PARA LOS PELDAÑOS:

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica
Dondiego de Noche	Mirabilis jalapa	

Tlacote	Salvia mexicana	
Mozotillo	Bidens anthemoides	
Iris Africana	Dietes vegeta	
Chía de Campo	Salvia polystachya	



Campanitas	Penstemon barbatus	
Hiedra euroasiática	Hedera helix	

Tabla 2.C: *Paleta vegetal ilustrada de los peldaños.*
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Factores sociales.

4.1.2.1 Crecimiento urbano de la ciudad de Pachuca de Soto, Hidalgo.

Durante los últimos 500 años, el crecimiento de la ciudad de Pachuca ha estado influenciado por los flujos migratorios, los cuales dependían del dinamismo de las actividades mineras.

Sin embargo, durante el siglo XX el crecimiento poblacional de la ciudad se vio afectado por la decaída de las actividades mineras. No obstante, durante los años 80's, Pachuca volvió a presentar movimientos migratorios, provocando un aumento del crecimiento poblacional.

Recientemente, Pachuca se ha convertido en un centro urbano donde se ve ha visto de manera notoria la gran movilidad humana, provenientes tanto del mismo estado como de

manera interestatal; siendo el flujo de mayor impacto el que proviene de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Gracias a su posición política y administrativa, Pachuca se ha convertido en un centro intermedio cercano a una metrópoli que se beneficia de sus flujos y a su vez se convierte en un lugar atractivo para las personas que vengan de otros lugares, ya sea por sus oportunidades laborales, educativas y residenciales.

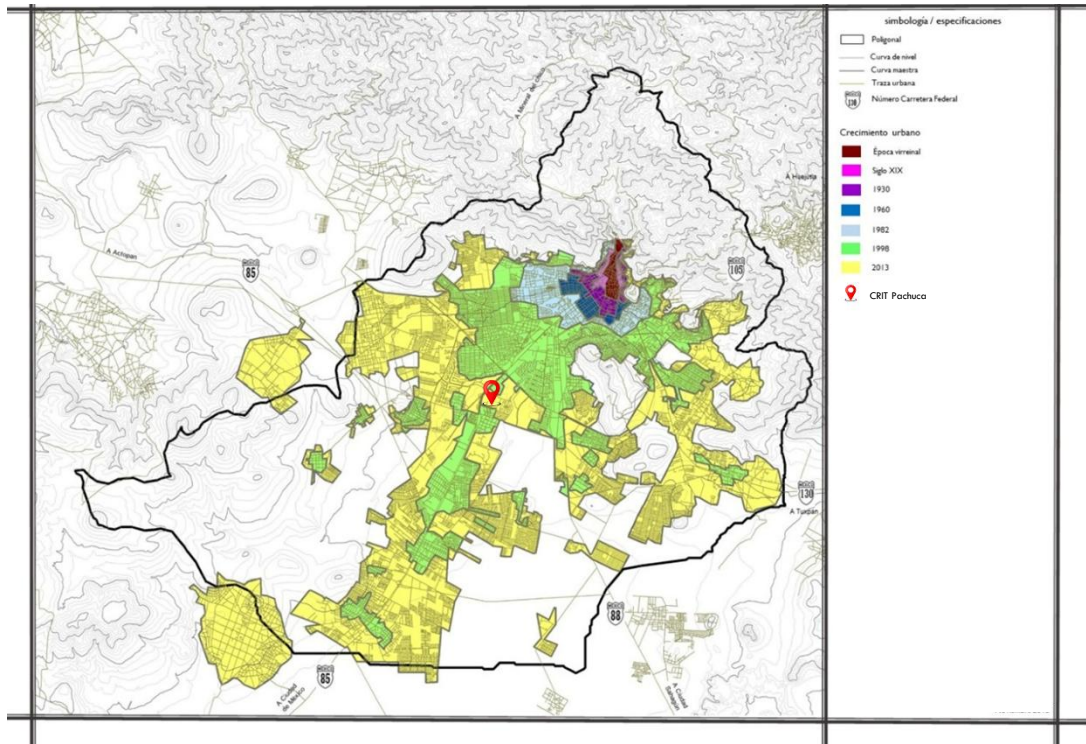
Por tal razón, la expansión territorial Pachuca ha ocurrido por la anexión de localidades vecinas o por la conurbación de la ciudad con algunas localidades de municipios contiguos (*Vázquez Sandrin, 2011*).

Por lo que se ha definido como la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP) a la fusión territorial de los siguientes municipios: Epazoyucan, Mineral del Monte, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, Zapotlán de Juárez y Zempoala (*García Benítez et al., 2019*).

Ante la falta de una planeación del manejo territorial y el acelerado crecimiento urbano; el CRIT Hidalgo se situó a la periferia de la ciudad de Pachuca; en consecuencia, a ello, se fueron generado transformaciones significativas en su entorno, con la constante expansión de uso de suelo para fines habitacionales, comerciales e institucionales; convirtiéndose en la causante de la disminución de las áreas verdes y de una mayor generación de aguas residuales.

Como este fenómeno afecta la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, el CRIT Hidalgo se ha impuesto la necesidad de buscar estrategias sustentables para la correcta gestión de las aguas residuales; entre las cuales destaca la implementación de un sistema de humedales artificiales como una solución ecológica.

Figura 2.E: Crecimiento urbano de la Zona Metropolitana de Pachuca 2013.



Fuente: (Navarro Gómez et al., 2025)

4.1.2.2 Antecedentes del CRIT Teletón en Pachuca.

El Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT); es una organización sin fines de lucro, la cual ofrece servicios de calidad y rehabilitación integral, enfocada para niños y niñas con alguna discapacidad muscular, neurológica o esquelética; donde promueven el desarrollo de su máximo potencial y su participación en la sociedad.

El proyecto tomó impulso bajo la dirección del presidente Fernando Landeros de Fundación Teletón; el día 12 de diciembre de 1997 convocó a medios de comunicación, empresas, personalidades del espectáculo y a todo el público, para llevar a cabo el primer “Evento Teletón”, el cual tenía el objetivo de darle atención a niños, niñas y adolescentes con alguna discapacidad en centros de alta especialidad.

Esta fundación surgió en México ante la falta de instalaciones y recursos médicos destinados exclusivamente para ellos; puesto que en esos momentos solo se daba

atención a los adultos o no se contaba con el material para poder brindar una atención óptima.

Ante la necesidad de cubrir esta problemática y con el gran éxito que tuvo el primer evento Teletón, se inauguró en 1999 el primer Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT) en el estado de México.

Actualmente, la organización ya cuenta con 22 centros dedicados a la discapacidad localizados en varios estados de la república. Con la gran demanda de atención médica que han presentado los centros, se hizo la inauguración de la Universidad Teletón en el 2013, permitiendo la formación académica tanto de terapeutas como profesionales de la salud (*Teletón México., 2022*).

Uno de esos casos fue la inauguración del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (Crit) en Pachuca de Soto, Hidalgo; lo que le brindó a la comunidad de la región un nuevo espacio destinado a la rehabilitación integral e inclusión social para los niños y adolescentes que padecieran de alguna discapacidad.

La obra de construcción comenzó en el mes de enero del año 2005, con la colocación de la primera roca y entró en funciones durante el mes de enero del 2006, con el apoyo de los recursos financieros recaudados durante el Teletón 2004.

Con la inauguración del CRIT en Hidalgo, se convirtió en la séptima sede de este organismo, antecedida por las de los estados de: Estado de México (1999) localizado en Tlalnepantla, Jalisco (2000) en la sede CRIT Occidente, Oaxaca (2001), Aguascalientes (2002), Guanajuato (2003) y Coahuila (2004) (*Azteca 21, 2005*).

4.1.2.3 El plan sustentable para las instalaciones del CRIT Hidalgo.

Como parte de las acciones orientadas al cuidado del medio ambiente, el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) contempla la integración de un sistema de

humedales artificiales dentro de sus instalaciones, para darle un tratamiento complementario a las aguas residuales y almacenar las aguas pluviales obtenidas del inmueble.

Este sistema es considerado como una solución ecológica, ya que replica los procesos biológicos y químicos que comúnmente se dan en los humedales naturales; los cuales facilitan la eliminación de contaminantes orgánicos, nutrientes, sedimentos, entre otros elementos que contengan las aguas residuales. De igual manera, su implementación es de bajo consumo energético, no recurre a tecnologías invasivas y contribuye en la regeneración paisajística del entorno.

Una vez en operación, el sistema de humedales permitirá reutilizar el agua tratada para regar las áreas verdes, contribuyendo de manera significativa en la reducción de la demanda de agua potable; además de brindar un espacio tranquilo donde la gente pueda estar en contacto con la naturaleza y conozca más acerca del sistema de humedales.

4.1.2.4 Usuarios.

A través del diseño que cuentan los interiores y del espacio en donde va a estar ubicado el sistema de humedales, se busca crear un espacio natural visualmente agradable, el cual pueda contribuir en el bienestar físico y emocional, las interacciones sociales y la conexión con la naturaleza de los usuarios.

Todo esto, sin descuidar a los usuarios que son, en su mayoría, una comunidad infantil, por lo que el CRIT Pachuca tiene una capacidad de atención de hasta 1,050 pacientes, en su mayoría con discapacidades neuromusculoesqueléticas, además de los 100 colaboradores que laboran en un horario completo, 20 subrogados y 600 usuarios al día.

Por lo que requieren espacios tranquilos, recorridos accesibles y zonas de descanso, tanto para ellos, como para las familias, que por lo regular se sientan a esperar en los

espacios públicos; además de que deben contar con puntos de accesibilidad universal y elementos de seguridad.

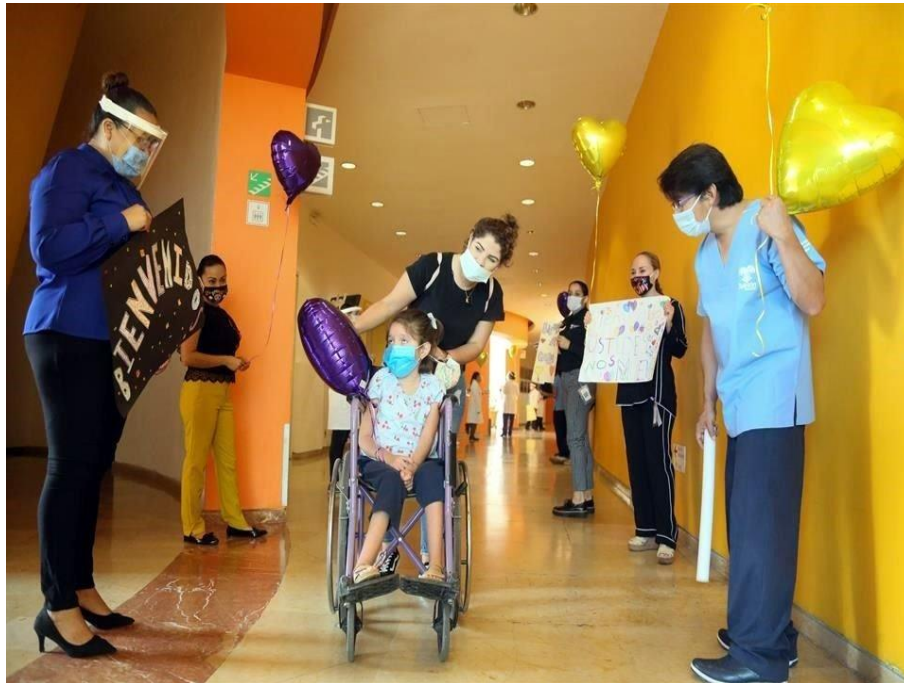


Figura 2.F: Interacción del personal médico con los pacientes.

4.1.3 Factores perceptuales.

4.1.3.1 Uso de suelo.

Para la localización del sistema de humedales, se considera la zonificación presente en el Centro de Rehabilitación, asegurando que el área designada sea compatible con las áreas de atención médica, las zonas de tránsito y los espacios de recreación con el objetivo de que los humedales no interfieran con las actividades y cumplan con los requerimientos requeridos por parte de las autoridades del centro.

4.1.3.2 Elementos arquitectónicos existentes.

Para la integración armoniosa del sistema de humedales con el CRIT Hidalgo se considera la forma de los edificios y estructuras ya construidos, las cuales bajo el diseño

del arquitecto Javier Sordo Madaleno, muestran un conjunto de volúmenes geométricos de carácter escultórico-orgánico, enlazados con curvas suaves que brindan recorridos fluidos e influyen en la percepción espacial.

Su diseño demuestra de manera ejemplar un enfoque de modernidad sensible y funcionalidad humanista, donde la luz natural, las texturas, la paleta de color y las áreas verdes son los factores principales para la formación de espacios terapéuticos y fomenten la experiencia sensorial.

4.1.3.3 Infraestructura de servicios.

El diseño del sistema de los humedales artificiales considera la infraestructura de servicios (agua potable, drenaje, electricidad) existente por parte del Centro de Rehabilitación, para garantizar su funcionamiento eficiente y de la planificación de nuevas conexiones seguras, funcionales y compatibles con los servicios existentes.

4.1.3.4 Infraestructura espacial.

El espacio designado para la integración de los humedales artificiales se distribuye sobre una superficie de 400 m² dentro del Centro de Rehabilitación. La zona además de estar cercana a los módulos de talleres, la cafetería y el estacionamiento, cuenta con una zona arboleada y con espacios verdes, permitiendo la creación de recorridos y espacios funcionales y estéticos, permitiendo su integración armoniosa con el entorno construido.

4.1.4 Factores adicionales.

4.1.4.1 Identidad.

EL CRIT Hidalgo al igual que los demás centros de rehabilitación han contribuido en la labor de atender a los niños con algún problema de discapacidad; por ello el inmueble no simplemente vende un servicio o aloja a los usuarios, sino que también toma la faceta de

ser un lugar que sana, incluye a los usuarios y les permite aprender; gracias a la influencia del arquitecto Javier Sordo Madaleno se creó una arquitectura universal funcional además de priorizar el bienestar emocional de sus usuarios.



Figura 2.G: Acceso al CRIT, Pachuca.

En cada uno de los CRITs se consideró varios aspectos de diseño, desde circulaciones fluidas y amplias para el libre tránsito, las transiciones suaves entre espacios, la integración armoniosa de rampas al inmueble, el diseño universal del equipamiento y la implementación de plazas y áreas comunes como espacios centrales de encuentro.



Figura 2.H: Área de informes en el CRIT, Baja California Sur

Así mismo, el uso de elementos con formas orgánicas ya sea en mobiliarios, murales o elementos arquitectónicos con formas curiosas y el uso de colores vibrantes se ha convertido en un distintivo de este tipo de inmuebles; el empleo de estos componentes además de romper con la idealización de un centro de salud serio y deprimente, crea un ambiente alegre y divertido para los niños.



Figura 2.I: Zona de recepción en el CRIT, Sinaloa.



Figura 2.J: Fachada principal del Hospital Infantil Teletón de Oncología, Querétaro.

En el caso de la luz es aprovechada como un elemento terapéutico, puesto que la distribución de sus espacios parte de jardines centrales ajardinados y del uso de claraboyas y lucernarios, cuyo objetivo es garantizar que los espacios interiores sean iluminados por luz natural, evitando la sensación de encierro y brindando una atmósfera más alegre.



Figura 2.K: Zona de terapia física en el CRIT, Tamaulipas.

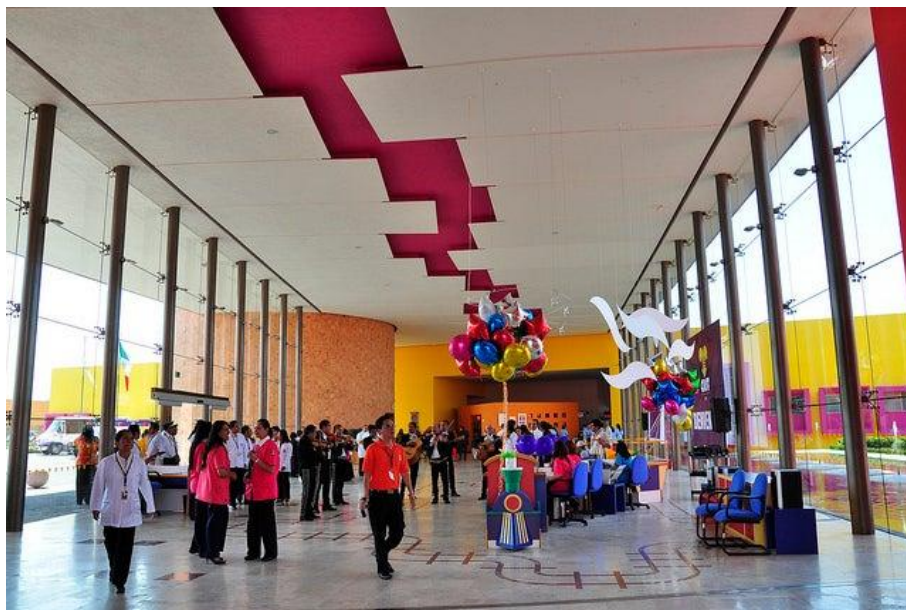


Figura 2.L: Zona de recepción en el CRIT, Nezahualcóyotl

Del mismo modo, brinda varias vistas hacia espacios verdes, los cuales además de cumplir con criterios de decoración, son aprovechados como espacios terapéuticos, donde los usuarios pueden tener un momento de tranquilidad.



Figura 2.M: Área ajardinada en el CRIT, Michoacán.

4.2 Diagnóstico.

En esta etapa se comprende el problema a resolver, por medio de la definición de su propósito y la identificación de las variables que lo originan y que son necesarias de conocer. Esto permite analizar la problemática desde diferentes perspectivas y establecer con mayor precisión los objetivos del proyecto (*García Quintero et al., 2023*).

Asimismo, se hace una recolección de datos que facilita el análisis del contexto, lo cual es fundamental para una toma de decisiones acertadas que garanticen la viabilidad y efectividad para la ejecución del proyecto arquitectónico (Beltrán, 2011).

En la Tabla 2.D se analizaron los factores ambientales y antrópicos que están presentes en el sitio de estudio:

Factor		Fortalezas	Debilidades
Naturales	Topografía	-Presenta una pendiente suave y controlable, permite el flujo de agua por gravedad.	-Afinar nivelación para asegurar que el flujo no se estanque ni se acelere en exceso.
	Clima		-El humedal de flujo superficial (espejo de agua) es sensible a los cambios climáticos, las bajas temperaturas afectan el proceso de remoción.
	Tipo de suelo		- El suelo está compuesto por sedimentos mineros, por lo que no es apto para el desarrollo de la vegetación.
	Vegetación	-Presencia de árboles, proporcionan sombra natural y disminuye la radiación solar.	-Si hay crecimiento descontrolado de su copa, puede generar sombra excesiva y limitar la penetración de luz solar.
	Asoleamiento	-Poda estratégica de los árboles en los alrededores para mejorar la exposición solar del sitio.	- Durante las estaciones de otoño e invierno, no llega el sol a los humedales.
	Fauna	-Presencia ocasional de insectos o de pequeños animales.	
	Hidrología	-Reduce el riesgo de inundaciones y erosión. -Diseño de cisterna que brindará agua pluvial al sistema de humedales.	- El régimen de precipitaciones pluviales en Pachuca a lo largo del año es baja. -Riesgo de sequías prolongadas.

	Microorganismos	-Mejoran la calidad del agua al degradar los contaminantes.	-Si el agua no está en movimiento, puede producir malos olores, mosquitos y algas.
Antrópicos	Sistema hidráulico	-Implementación de pendientes. -Mejoran el flujo de agua por gravedad a través de los humedales sin necesidad de bombeo.	-Las entradas y tuberías pueden llegar a taparse si no reciben un tratamiento adecuado.
	Excavaciones	-Permite el diseño de pendientes suaves y controladas. -Permite mejorar el perfil del suelo.	-Trabajos de excavación y nivelación para adecuar los humedales artificiales de acuerdo a los registros establecidos. -Incremento de costos.
	Ubicación	-El sitio designado optimiza el recorrido de las aguas tratadas hacia las cisternas.	
	Alturas de humedales		-El humedal de flujo superficial requiere de una bomba para llevar el agua tratada a las cisternas
	Selección de plantas vegetales	- Selección de especies vegetales que puedan soportar los jales mineros y que sean ornamentales.	
	Construcción de estructuras auxiliares	-Facilitan el mantenimiento, monitoreo y operación.	-Daños por vandalismo. -Falta de mantenimiento. -Daños por factores ambientales.

		<ul style="list-style-type: none"> -Contribuyen en la estabilidad y funcionamiento. -Fomentan la educación ambiental 	
	Intervención paisajística	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar el aspecto final de los humedales para su integración y mejora paisajística del sitio. 	<ul style="list-style-type: none"> - El inmueble hace uso de formas y estructuras específicas.
	Infraestructura básica	<ul style="list-style-type: none"> -Cuenta con acceso a energía eléctrica, agua potable, sistema de alcantarillado, vías de acceso y transporte. 	
	Usuarios	<ul style="list-style-type: none"> -Priorizar la integración de medidas y elementos de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se conforma por el personal médico, familiares y en su mayoría pacientes infantiles.

Tabla 2.D: Fortalezas y debilidades de los factores naturales y antrópicos del sitio.
Fuente: Elaboración propia.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Licenciatura en Arquitectura

Norte

UBICACIÓN

Bvld Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

----- Problema encontrado
===== Curvas de nivel
← Sentido de pendiente

■ Zona de cisternas
■ Zona de talleres

ESPECIFICACIONES

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López

Presupuesto:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Gestión de proyecto:
C. María Sonia Marín Cortés
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Diagnóstico

PLANO

Plano de diagnóstico de sitio

ESCALA GRÁFICA	FECHA
	NOVIEMBRE, 2025

ESCALA	COTAS
1:175	METROS

NOMENCLATURA

HA-DIA-1A

4.3 Mapa Potencial.

A partir de los resultados del diagnóstico se lleva a cabo el plano potencial, el cual facilita sintetiza la información de los factores naturales y antrópicos.

Se determina las diferentes actividades que se pueden llevar a cabo para garantizar su funcionalidad como su valor ambiental y estético, se considera lo siguiente:

- Presencia de árboles para proporcionar sombra natural.
- Variedad de especies vegetales ornamentales aptas para jales mineros.
- Crear una zona de contemplación, para que los usuarios puedan permanecer en contacto con la naturaleza.
- A través de las excavaciones, hay mejora en el terreno y se obtienen peldaños a diferentes alturas.
- La obtención de un espejo de agua como principal atractivo visual.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Licenciatura en Arquitectura

CRIT
Hidalgo

Norte

UBICACIÓN

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

----- Problema encontrado
===== Curvas de nivel
← Sentido de pendiente
Zona de cisternas
Zona de talleres

ESPECIFICACIONES

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Mapa Potencial

PLANO

Plano de potencialidades del sitio

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

COTAS

1:175

METROS

NOMENCLATURA

HA-POT-2A

4.4 Concepto

El concepto arquitectónico se le define como aquella idea o conjunto de principios que orienta el proceso de diseño; sirve como base para el desarrollo de aspectos funcionales, espaciales y estéticos; además es la guía para al arquitecto en el momento de la toma de decisiones proyectuales, garantizando la congruencia del diseño con los objetivos establecidos y su incorporación al entorno (Serrentino y F. Barrionuevo, 2007)

Para el diseño del humedal artificial de flujo superficial (espejo de agua), como se puede apreciar en la Figura 3.A se basó en el lenguaje arquitectónico presente en las instalaciones del Centro de Rehabilitación Infantil.

Se puede identificar que el diseño del inmueble está compuesto por formas orgánicas, el uso de curvas suaves y de geometrías libres; formando módulos de diferentes proporciones y formatos.

Con base a estas características, se buscó que el humedal artificial no fuera únicamente un elemento técnico y funcional, sino que fuera también una extensión de la esencia que maneja el edificio y que pudiera integrarse de manera armoniosa con el entorno natural.

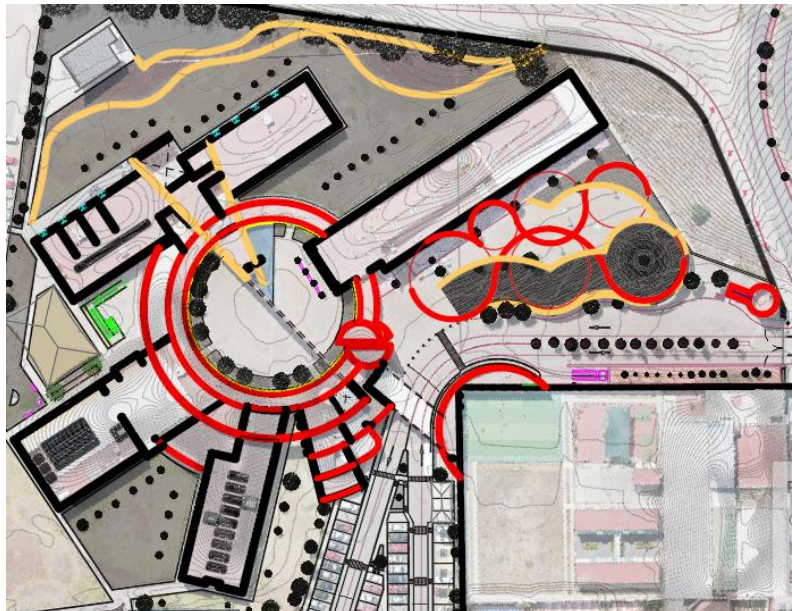


Figura 2.N: Análisis de la morfología del CRIT.
Fuente: Elaboración propia.

4.5 Imagen objetivo.

La imagen objetivo se le define como una representación conceptual en donde se muestra una imagen visual del aspecto final del proyecto una vez concluido; se integran elementos tanto funcionales como estéticos, ambientales y sociales.

A continuación, se muestran ilustraciones gráficas y una descripción escrita de lo que se quiere implementar en el proyecto:

a) Proveer de un espacio donde la gente pueda contemplar a los humedales y estar en contacto con la naturaleza.

Se ofrece un lugar donde los usuarios puedan conectar y apreciar el entorno natural de manera tranquila, contribuyendo en su bienestar físico y emocional.

Ejemplo:

El parque del humedal Minghu, ubicado en Lupanshui China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.



b) Diseñar las áreas verdes con el fin de mejorar la calidad paisajística del sitio.

Se busca organizar las especies de acuerdo a sus criterios estéticos y funcionales para una mejora en la calidad ambiental, favorecer la biodiversidad y reforzar la imagen del lugar.

Ejemplo:

*El parque Houtan
ubicado en Shangai,
China diseñado por el
despacho
arquitectónico
Turenscape.*



c) Brindar un diseño orgánico y dinámico al humedal artificial de flujo superficial para su fácil integración al espacio.

Se busca implementar un diseño paisajístico dinámico para las áreas ajardinadas dispuestas en distintitos niveles, para un mejor aprovechamiento de los niveles finales de los humedales artificiales.

Ejemplo:

*Terrazas incas, Machu
Picchu, Perú.*



d) Aprovechar las distintas alturas de los andadores para generar recorridos dinámicos y vistas panorámicas.

Se aprovechan las diferentes alturas de los andadores para favorecer la percepción del paisaje a lo largo de los recorridos, brindando una variedad de perspectivas y una mayor conexión con el espacio.

Ejemplo:

El parque de humedales y aguas-lluvias ubicado en Haerbin, China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.



e) Proporcionar protección solar a lo largo de los recorridos sin interrumpir el paso de los usuarios.

Se busca aprovechar la sombra proporcionada por los árboles para fomentar la permanencia de los usuarios y el disfrute del espacio.

Ejemplo:

El parque Cinta Roja en Qinhuangdao, China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.



f) Brindar un diseño orgánico al humedal artificial de flujo superficial para su fácil integración al espacio.

Se busca integrar de manera natural y fluida al humedal artificial dentro del contexto natural y construido del sitio, considerando la morfología del inmueble y respetando la naturaleza presente.

Ejemplo:

El lago de Baiyang, ciudad de L'Gang, Shanghái, China.



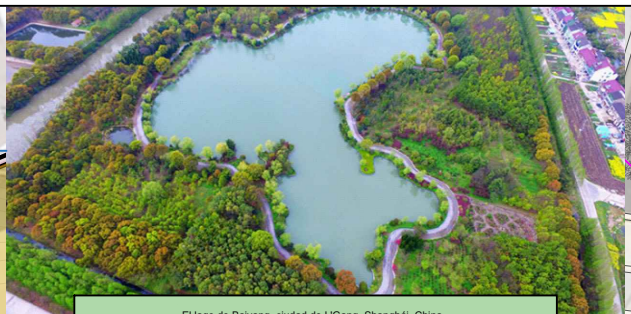


Diseñar las áreas verdes con el fin de mejorar la calidad paisajística del sitio.



Parque Houtan ubicado en Shangai, China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape

Brindar un diseño orgánico al humedal artificial de flujo superficial para su fácil integración al espacio.



El lago de Baiyang, ciudad de L'Gang, Shanghai, China.

Aprovechar las distintas alturas de los andadores para generar recorridos dinámicos y vistas panorámicas.



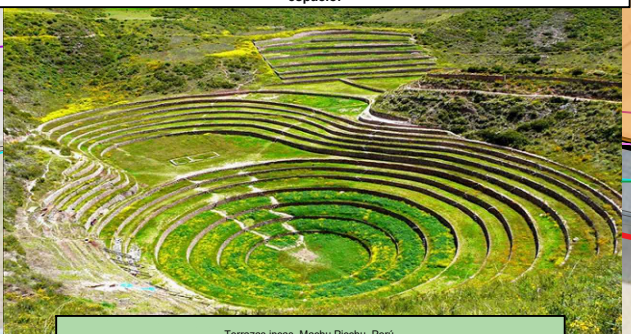
Parque de humedales y aguas-lluvias ubicado en Haerbin, China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.

Proveer de un espacio donde la gente pueda contemplar a los humedales y estar en contacto con la naturaleza.



Parquedel humedal Minghu, ubicado en Lupanshui China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.

Brindar un diseño orgánico al humedal artificial de flujo superficial para su fácil integración al espacio.



Terrazas incas, Machu Picchu, Perú.

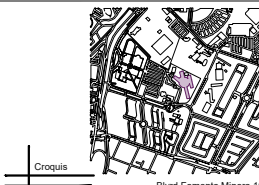
Proporcionar protección solar a lo largo de los recorridos sin interrumpir el paso de los usuarios.



Parque Cinta Roja en Qinhuangdao, China diseñado por el despacho arquitectónico Turenscape.



UBICACIÓN



Croquis
Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Andadores
- Localización de humedal artificial
- Zonas ajardinadas
- Propuesta de mirador
- Recorrido con sombra
- Zona de cisternas
- Zona de talleres
- Propuesta de diseño
- Curvas de nivel
- Sentido de pendiente

ESPECIFICACIONES

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Imagen Objetiva

PLANO

Plano de análisis de sitio

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

COTAS

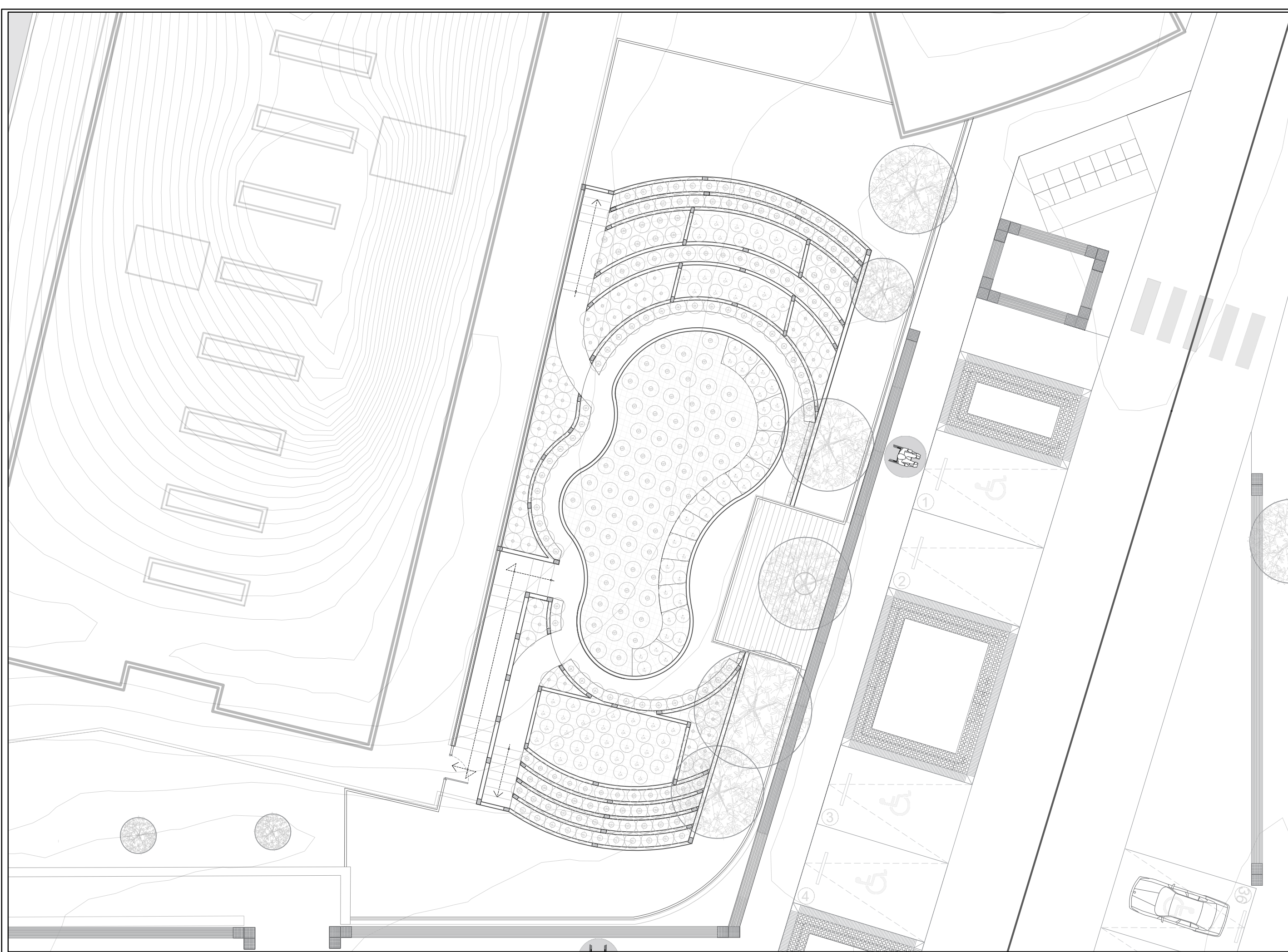
NOMENCLATURA

METROS

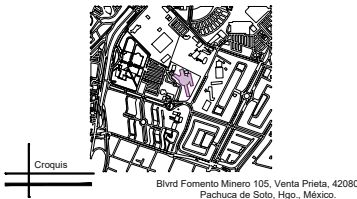
V. Resultados

5.1 Concepto de diseño.

A continuación, en el plano HA-CON-00 se muestra la propuesta del proyecto arquitectónico paisajístico del diseño del espacio para la implementación del sistema de humedales artificiales; la cual muestra la ubicación y forma final de los humedales artificiales, la permanencia de los árboles existentes y la integración de un mirador de madera para fomentar la permanencia de los usuarios en este espacio natural, además de la inclusión de andadores y escaleras de servicio para el personal de mantenimiento.



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Barandal
- Muro de contención
- Árboles actuales
- Árboles que se reubicarán
- Columnas
- Curvas de nivel
- Phragmites australis / CARRIZO
- Typha Domingensis / TULE
- Nymphoides fallax / HOJA DE PESCADO
- Mirabilis jalapa / DONDIEGO DE NOCHE
- Salvia mexicana / TLACOTE
- Bidens anthemoides / MOZOTILLO
- Diets vegeta / IRIS AFRICANA
- Salvia polystachya / CHÍA DE CAMPO
- Penstemon barbatus / CAMPANITAS
- Hedera helix / HIEDRA EUROASIÁTICA

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Arquitectónico

PLANO

Plano de Conjunto

ESCALA GRÁFICA



FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:100

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-CON-00

5.2 Dimensiones generales.

La forma del humedal ha sido trazada con una forma orgánica e irregular (véase figura 3.A), basada en la morfología presente en las instalaciones, inspirada en el diseño de la plaza de acceso y con una proporción de 2.1 (6 x 12 m), permite formar una transición fluida entre lo construido y natural, generando recorridos y vistas agradables para los usuarios.

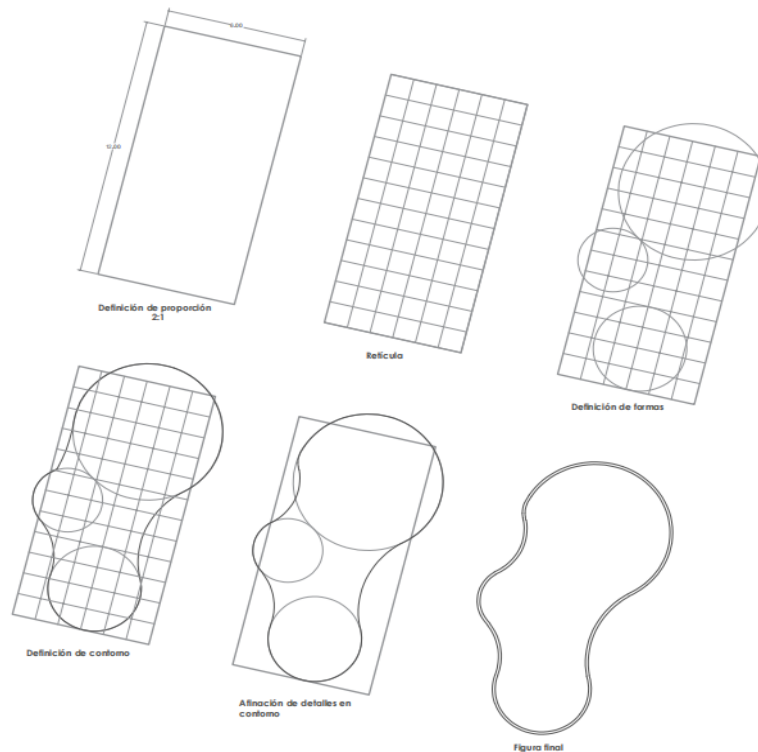
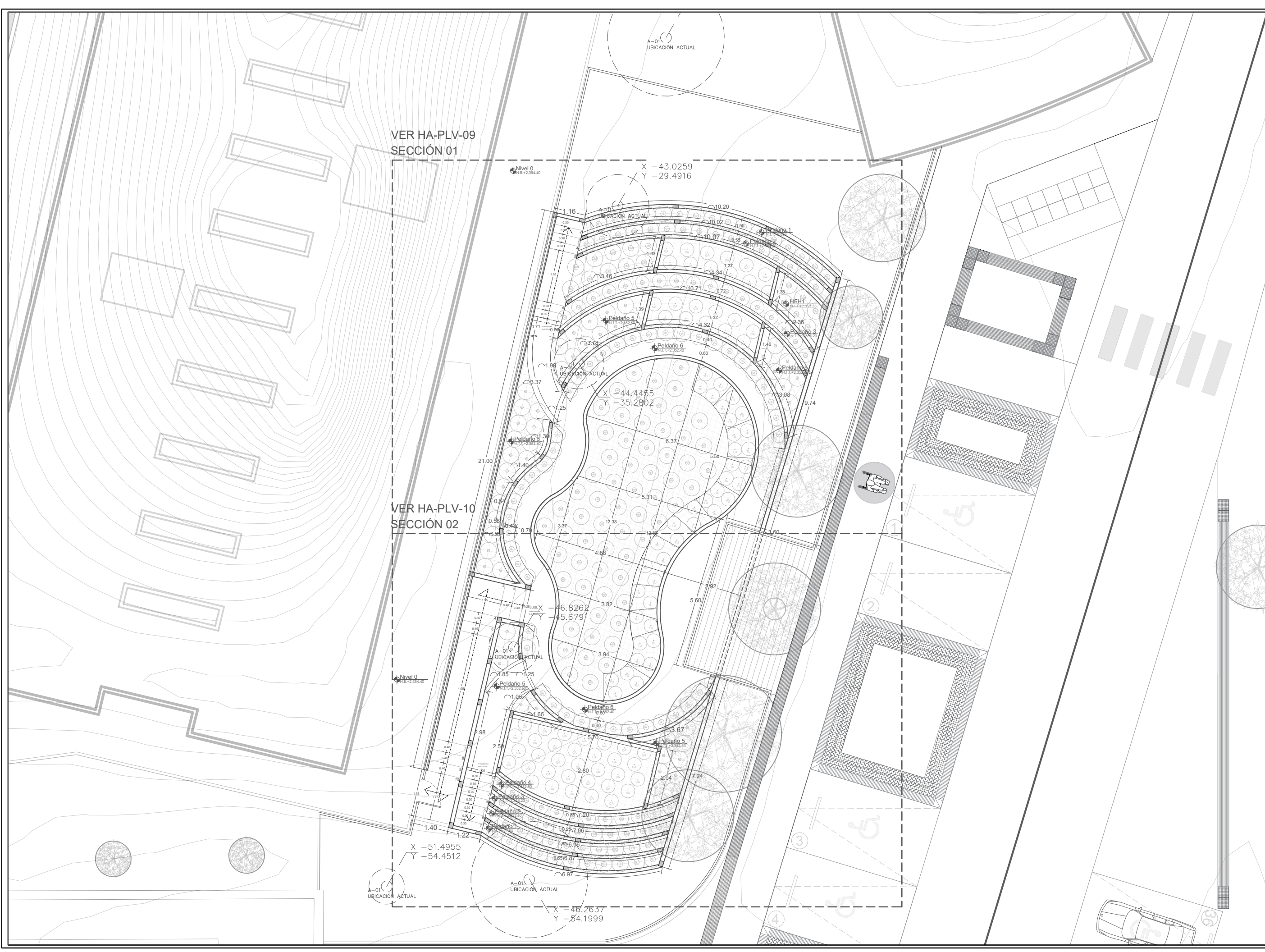
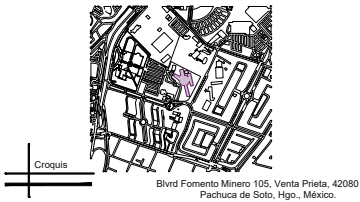


Figura 3.A: Ajuste de medidas y formas para el humedal artificial de flujo superficial.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en los planos HA-PLC-01, HA-PSC-02 y HA-PSC-03 se señalan las medidas que deben tener los peldaños, las escaleras, los andadores, el mirador de madera, los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal y la composición del humedal artificial de flujo superficial.



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Barandal
- Muro de contención
- Árboles actuales
- Árboles que se reubicar
- Cotas
- Cotas angulares
- Columnas
- Curvas de nivel
- Nivel de terreno terminado
- Phragmites australis / CARRIZO
- Typha Domingensis / TULE
- Nymphoides fallax / HOJA DE PESCADO
- Mirabilis jalapa / DONDIEGO DE NOCHE
- Salvia mexicana / TLACOTE
- Bidens anthemoides / MOZOTILLO
- Dietes vegeta / IRIS AFRICANA
- Salvia polystachya / CHÍA DE CAMPO
- Penstemon barbatus / CAMPANITAS
- Hedera helix / HEDERA EUROASIÁTICA

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

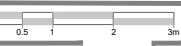
TIPO DE PLANO

Arquitectónico

PLANO

Plano Llave

ESCALA GRÁFICA



FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

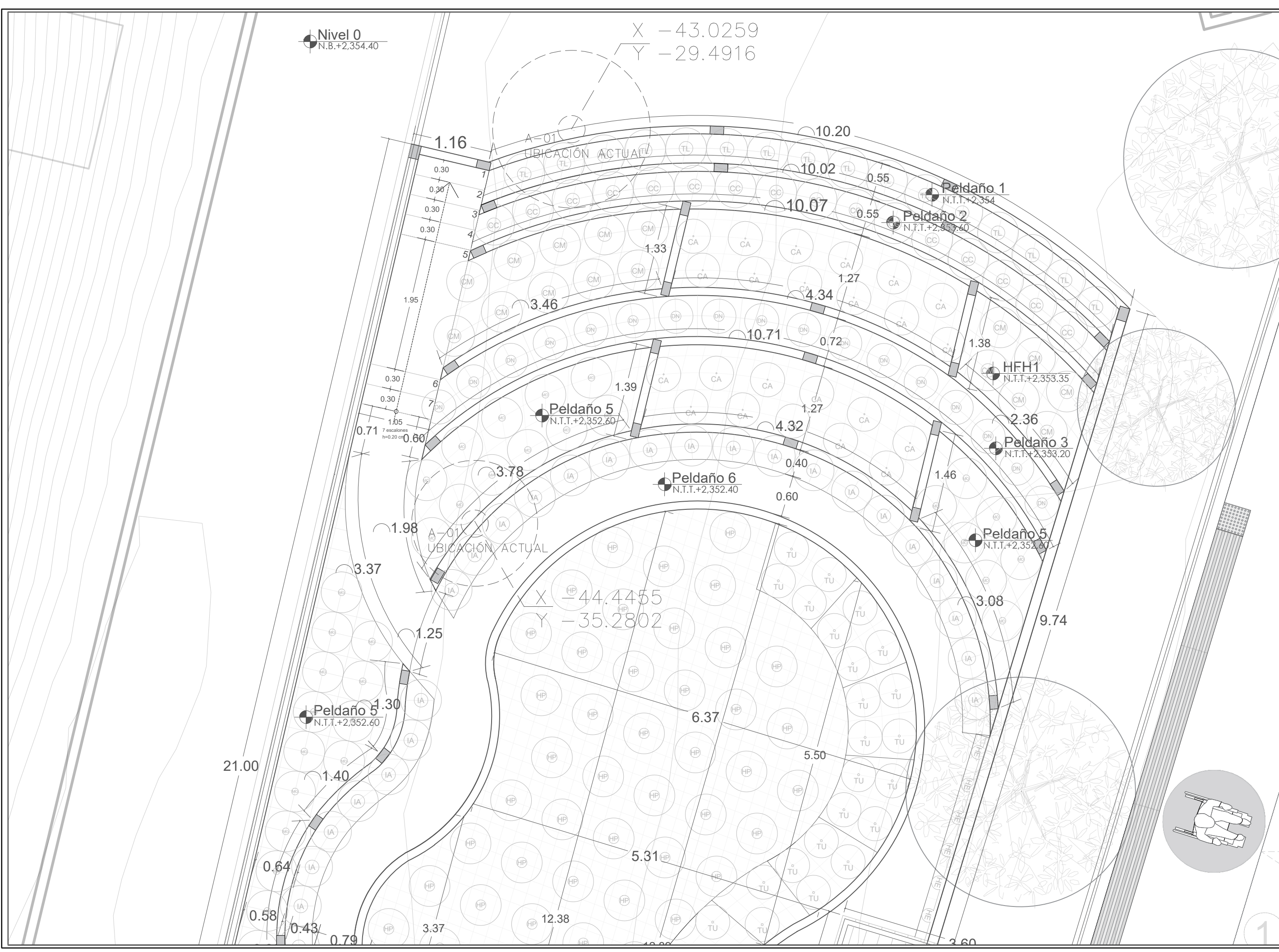
1:125

COTAS

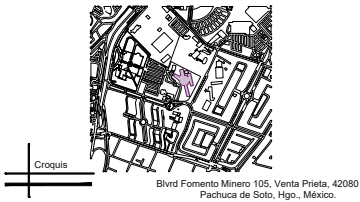
METROS

NOMENCLATURA

HA-PLC-01



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Barandal
- Muro de contención
- Árboles actuales
- Árboles que se reubican
- Cotas
- Cotas angulares
- Columnas
- Curvas de nivel
- Nivel de terreno terminado
- Phragmites australes / CARRIZO
- Typha Domingensis / TULE
- Nymphoides fallax / HOJA DE PESCADO
- Mirabilis jalapa / DONDIEGO DE NOCHE
- Salvia mexicana / TLACOTE
- Bidens anthemoides / MOZOTILLO
- Dietes vegeta / IRIS AFRICANA
- Salvia polystachya / CHÍA DE CAMPO
- Penstemon barbatus / CAMPANITAS
- Hedera helix / HIEDRA EUROASIÁTICA

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+/-: Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+/-: Nivel de terreno terminado
- N.B.+/-: Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

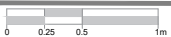
TIPO DE PLANO

Arquitectónico

PLANO

Planta Sección 1

ESCALA GRÁFICA



FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

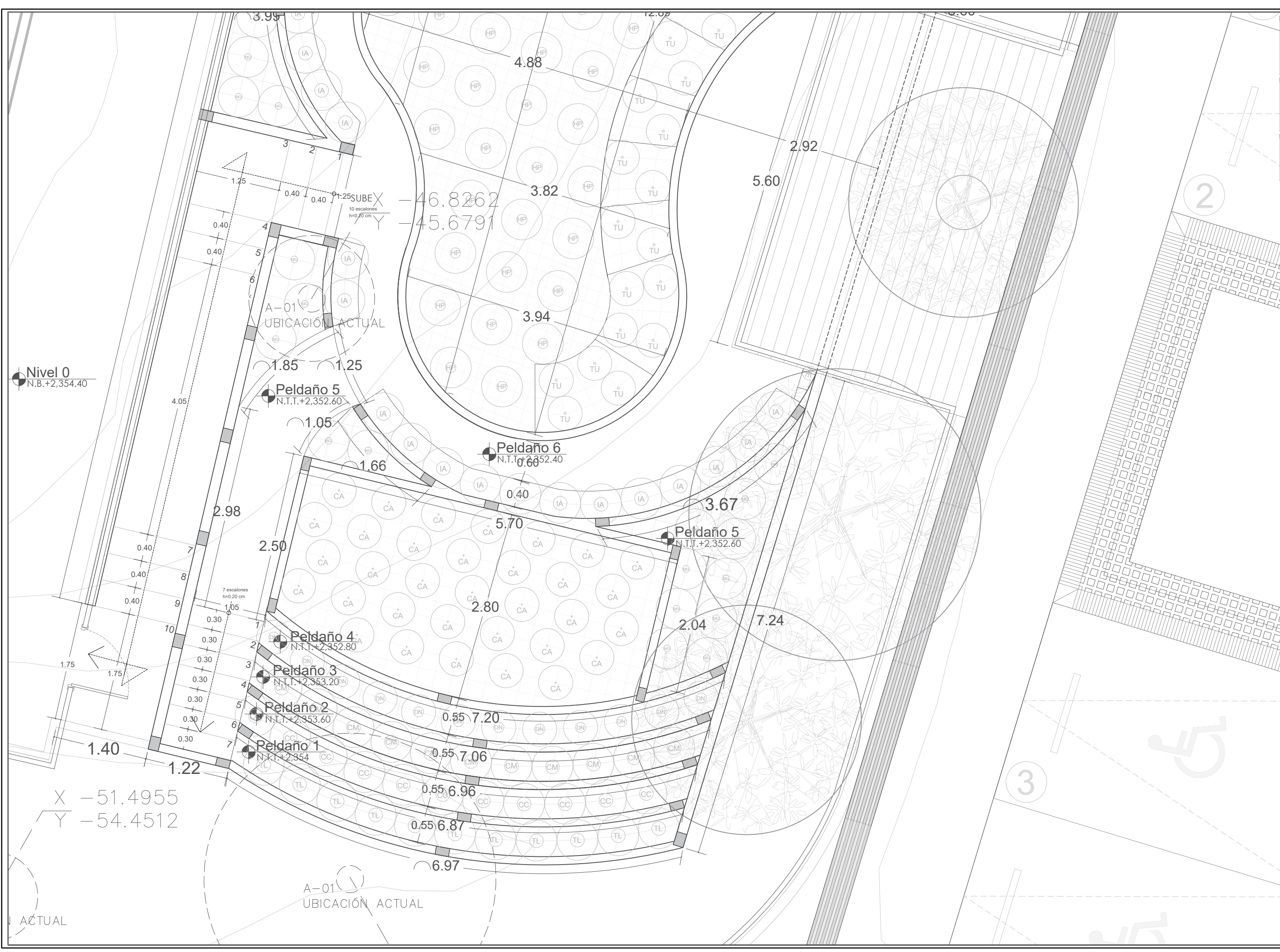
1:50


COTAS

METROS


NOMENCLATURA

HA-PSC-02






Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Licenciatura en Arquitectura

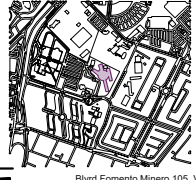


CRIT
Hidalgo

Norte



UBICACIÓN



Bvtd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

	Barandal
	Muro de contención
	Árboles actuales
	Árboles que se reubican
	Cotas
	Cotas angulares
	Columnas
	Curvas de nivel
	Nivel de terreno terminado
	Phragmites australes / CARRIZO
	Typha Domingensis / TULE
	Nymphoides fallax / HOJA DE PESCADO
	Mirabilis jalapa / DONDIEGO DE NOCHE
	Salvia mexicana / TLACOTE
	Bidens anthemoides / MOZOTILLO
	Diets vegeta / IRIS AFRICANA
	Salvia polystachya / CHIA DE CAMPO
	Penstemon barbatus / CAMPANITAS
	Hedera helix / HIEDRA EUROASIÁTICA

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López

Presupuesto:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Gestión de proyecto:
C. María Sonia Marín Cortés

Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

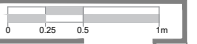
TIPO DE PLANO

Arquitectónico

PLANO

Planta Sección 2

ESCALA GRÁFICA



0 0.25 0.5 1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:50

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-PSC-03

5.3 Selección de los tipos de humedales artificiales.

Con el fin de tener un mejor tratamiento de las aguas residuales se implementó un sistema híbrido de humedales artificiales, donde se combinan dos sistemas: humedal de flujo subsuperficial horizontal y humedal de flujo superficial.

En el caso del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal (véase Figura 3.B) de acuerdo a la CONAGUA, es el tipo más utilizado en México, debido a que se caracteriza por su alta reducción de DBO, sólidos suspendidos y patógenos, no necesita de energía eléctrica y tiene bajos costos de operación.

Dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales, está asentado como una fase secundaria, debido a que este de humedal no es apto para tratar aguas residuales sin tratar ya que estas pueden provocar obstrucciones dentro de la instalación (Tilley et al., 2018).

Por ello se hace la incorporación de un sistema de biodigestores como tratamiento primario, el cual reduce la carga de contaminantes y sedimentos presentes en las aguas residuales; una vez tratada, el humedal artificial la recibe y continua con su tratamiento.



Figura 3.B: Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

Fuente: (Tilley et al., 2018)

Por otra parte, como complemento en el tratamiento de las aguas residuales se hace la adición de un humedal artificial de flujo superficial (véase Figura 3.C) como una fase de tratamiento terciario y final, después de los humedales de flujo subsuperficial horizontal.

En este humedal se continua con la reducción del DBO5 y patógenos; además, no requiere de energía eléctrica y es de bajos costos de operación. A su vez, se le caracteriza por tener un acabado visualmente atractivo y de convertirse en un nuevo hábitat para la fauna (Tilley et al., Humedal artificial de flujo superficial libre, 2018).



Figura 3.C: Humedal artificial con plantas flotantes.

Fuente: (Tilley et al., 2018)

5.4 Dimensionamiento e instalación hidráulica de los humedales.

En el caso de la definición de las medidas de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, se ocuparon los siguientes datos: los litros obtenidos de los biodigestores de acuerdo a la red correspondiente, los resultados obtenidos por los Laboratorios Biofleming y el grosor de la grava fina como medio filtrante.

Con base a los niveles obtenidos y una mejor optimización del sistema hidráulico, se obtuvieron tres humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal; los humedales 1 y 2 reciben el agua del lado de la cafetería mientras que el humedal 3 debe tratar el agua de la zona de hidroterapia (véase plano HA-PLIH-04).

De acuerdo a los cálculos realizados y que se pueden consultar en el “ANEXO 02: Cálculos del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal No.3, se definen las siguientes dimensiones: 5.45 m de largo, 2.70 m de ancho y 0.60 m de profundidad.

Como el humedal artificial queda dentro del diseño de los peldaños (véase plano HA-PLIH-08), las medidas obtenidas y su forma final se fueron adaptando a las curvas obtenidas, procurando que el área superficial se abarcará en su totalidad.

Para los humedales artificiales número 1 y 2, se definen las siguientes medidas, las cuales pueden consultarse en el “ANEXO 03: Cálculos de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal No.1 y No.2”.

En el caso de que el humedal fuera completo, tendría por medidas: 5.45 m de largo, 2.70 m de ancho y 0.60 m de profundidad. Sin embargo, como se optó dividirlo a la mitad, cada humedal queda con las siguientes medidas: 5.45 m de largo, 1.10 m de ancho y 0.60 m de profundidad.

Al igual que el humedal número 3, los humedales (véase plano HA-PLIH-06) quedan dentro del diseño de los peldaños, por lo que sus medidas y forma final se fueron

adaptando a las curvas obtenidas, procurando que las áreas superficiales se abarcaran en su totalidad.

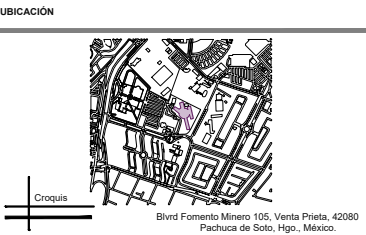
En el caso del humedal artificial de flujo superficial (véase plano HA-PLIH-07), se define que el humedal tendrá una superficie total de 60.28 m² y se estima que el nivel de agua residual constante alcance una altura de 27 cm y en caso de lluvias podrá crecer 28 cm más; alcanzando una altura final de 55 cm; los cálculos pueden consultarse en el “ANEXO 04: Cálculos del humedal artificial de flujo superficial”.

Los humedales se encuentran enlazados mediante un sistema de tuberías de 2” de diámetro, las cuales están colocadas con una pendiente del 2% para facilitar el flujo controlado del agua a lo largo del proceso de tratamiento.

Las tuberías al ingresar a los humedales deben estar por debajo de 5 cm de los sedimentos, en el caso de los humedales de flujo subsuperficial horizontal, o del nivel de agua en el humedal de flujo superficial para evitar la pérdida del agua tratada.

Al momento de llegar al humedal de flujo superficial, la última fase de tratamiento, el agua será retenida por un período de tres días para que se lleva a cabo el proceso de depuración y al día siguiente el agua tratada ser llevada a las cisternas (véase planos HA-PLIH-05 y HA-PLIH-06).

Para evitar que el humedal se vacíe por completo, ya que el espejo de agua que se forma es una parte esencial del atractivo paisajístico, se implementa un sistema de control conformado por una tubería de salida y de una bomba, las cuales extraen únicamente 4,958 litros debido a que esa es la misma cantidad de agua que ingresa al sistema cada día, lo que permite mantener un nivel mínimo constante dentro del humedal artificial.



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

---	Línea de tubería aguas residuales
---	Línea de tubería humedales
→	Dirección de flujo de agua tratada
0.00	Cotas
1%	Pendiente
●	Nivel en piso
---	Pendiente interior de humedales
---	Barandal
---	Muro de contención
Ø 2"	Diámetro de tubería
○	Árboles actuales
RE-01	Biodigestor
RE-02	Registro
RE-03	Registro de lodos
---	Columnas
---	Curvas de nivel

ESPECIFICACIONES

•	N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
•	N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
•	N.B.+ : Nivel de Banqueta
•	Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:	Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:	C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:	C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:	C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:	Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Revisión:	Mtro. Christopher Contreras López
Presupuesto:	Dr. Marco Antonio Escamilla García
Gestión de proyecto:	C. María Sonia Marín Cortés
	Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Instalaciones

PLANO

Plano Llave

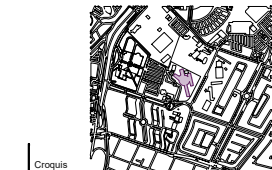
ESCALA GRÁFICA	FECHA
0 0.5 1 2 3m	NOVIEMBRE, 2025

ESCALA	COTAS
1:150	METROS

NOMENCLATURA



UBICACIÓN



Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Línea de tubería aguas residuales
- Línea de tubería humedales
- Dirección de flujo de agua tratada
- 0.00 Cotas
- Pendiente 1%
- Nivel en piso
- Pendiente interior de humedales
- Barandal
- Muro de contención
- Ø 2" Diámetro de tubería
- Árboles actuales
- Biodigestor
- RE-08 Registro
- RE-01 Registro de lodos
- Columnas
- Curvas de nivel

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Instalaciones

PLANO

Sección 01

ESCALA GRÁFICA

0 0.25 0.5 1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:50

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-PLIH-05

CISTERNAS

1

2

RL-01

RE-08

Peldaño 1

N.T.T.+2,354

Peldaño 2

N.T.T.+2,357.60

HFH1

N.T.T.+2,353.35

Peldaño 5

N.T.T.+2,352.40

Humedal de flujo subsuperficial horizontal 1

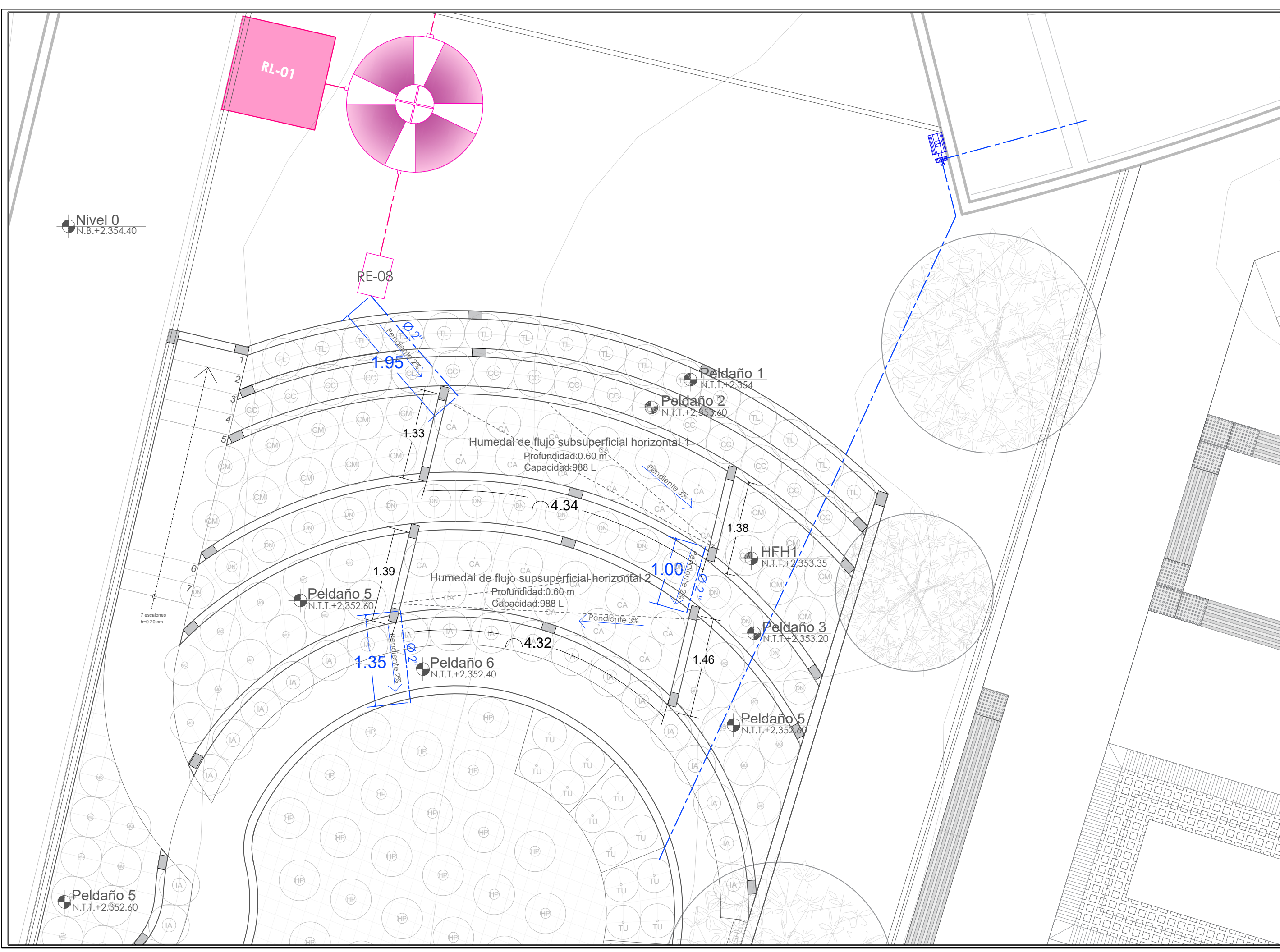
Profundidad:0.60 m

Capacidad:988 L

Humedal de flujo supsuperficial horizontal 2

Profundidad:0.60 m

Capacidad:988 L



UBICACIÓN

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Linea de tubería aguas residuales

Linea de tubería humedales

Dirección de flujo de agua tratada

Cotas

Pendiente

Nivel en piso

Pendiente interior de humedales

Barandal

Muro de contención

Diámetro de tubería

Árboles actuales

Biodigestor

Registro

Registro de lodos

Columnas

Curvas de nivel

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López

Presupuesto:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Gestión de proyecto:
C. María Sonia Marín Cortés

Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Instalaciones

PLANO

Sección 02

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

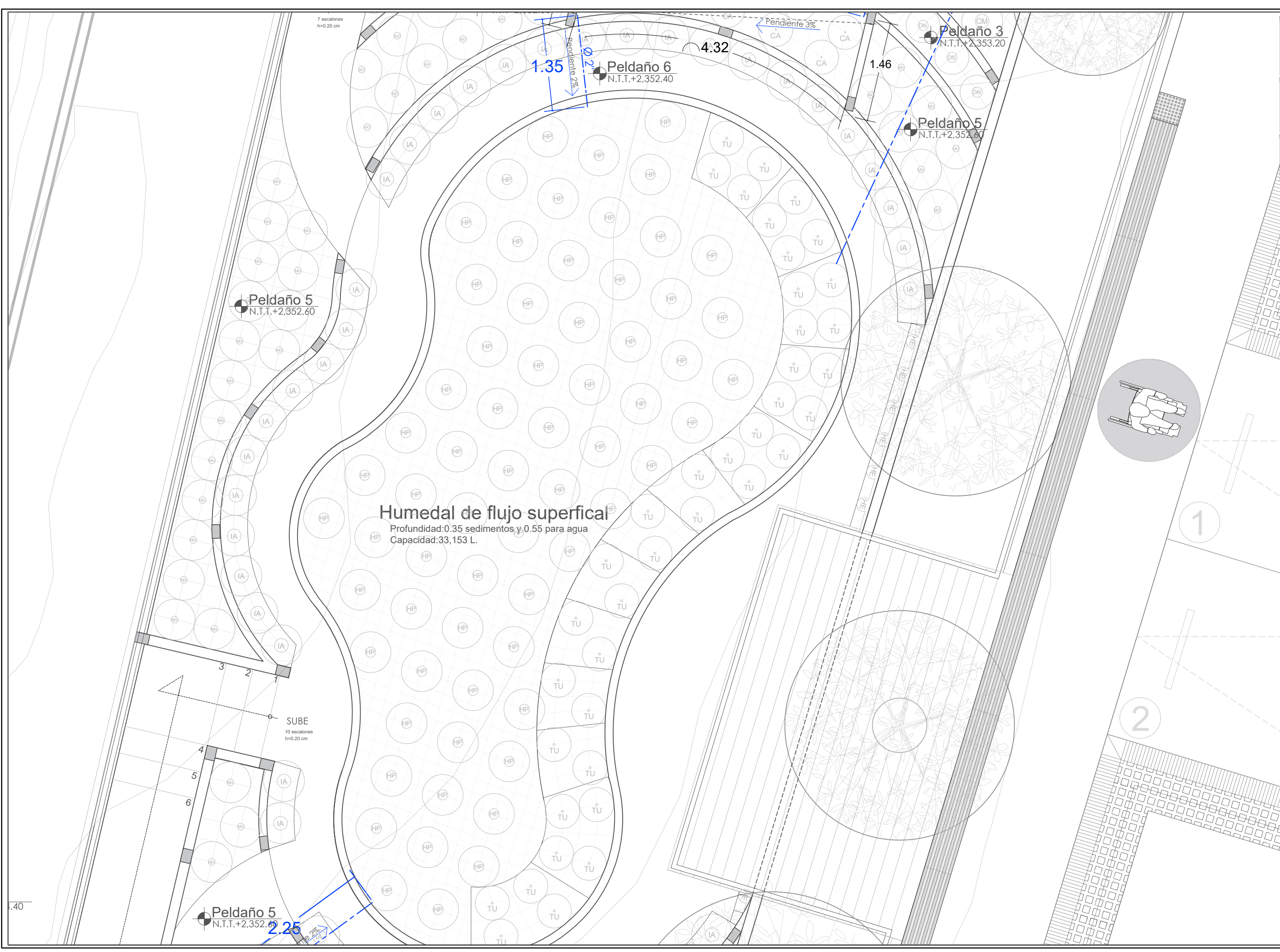
1:50

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-PLIH-06



Humedal de flujo superficial
Profundidad: 0.35 sedimentos y 0.55 para agua
Capacidad: 33,153 L.

UBICACIÓN

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Línea de tubería aguas residuales
- Línea de tubería humedales
- Dirección de flujo de agua tratada
- Cotas
- Pendiente
- Nivel en piso
- Pendiente interior de humedales
- Barandal
- Muro de contención
- Diámetro de tubería
- Árboles actuales
- Biodigestor
- Registro
- Registro de lodos
- Columnas
- Curvas de nivel

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Instalaciones

PLANO

Sección 03

ESCALA GRÁFICA

0 0.25 0.5 1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:50

COTAS

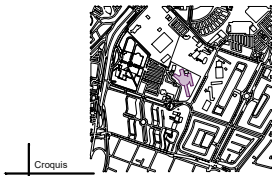
METROS

NOMENCLATURA

HA-PLIH-07



UBICACIÓN



Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

- Línea de tubería aguas residuales
- Línea de tubería humedales
- Dirección de flujo de agua tratada
- Cotas
- Pendiente
- Nivel en piso
- Pendiente interior de humedales
- Barandal
- Muro de contención
- Ø 2" Diámetro de tubería
- Árboles actuales
- Biodigestor
- RE-06 Registro
- RE-01 Registro de lodos
- Columnas
- Curvas de nivel

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Revisión:
Mtro. Christopher Contreras López
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Instalaciones

PLANO

Sección 03

ESCALA GRÁFICA

0 0.25 0.5 1m

FECHA

31/03/2025

ESCALA

1:50

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-PLIH-08

Nivel 0
N.B.+2,354.40

Peldaño 5
N.T.T.+2,352.60

Peldaño 6
N.T.T.+2,352.40

Peldaño 5
N.T.T.+2,352.60

Peldaño 4
N.T.T.+2,352.80

Peldaño 3
N.T.T.+2,353.20

Peldaño 2
N.T.T.+2,353.60

Peldaño 1
N.T.T.+2,354

Humedal de flujo subsuperficial horizontal 3

Profundidad:0.60 m
Capacidad:2,952 L

RL-01

RE-06

5.5 Método de instalación.

Para la preparación del terreno, se hará las excavaciones en los sitios designados para los humedales artificiales; en el caso de los que son de flujo subsuperficial horizontal se debe considerar una profundidad de 60 cm, paredes en forma de talud y una pendiente del 3% para facilitar el flujo del agua y para el humedal del flujo superficial se hace la excavación a una profundidad de 60 cm con sus paredes también inclinadas (véase plano HA-CLT-09).

En la construcción de la estructura de su base de ambos tipos de humedales artificiales, estarán conformadas por plantillas de concreto de 12 cm de espesor armado con una malla 6x6 - 5/16 ".

Para los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (véase plano HA-DHU-10) estarán recubiertos por una Geomembrana Calibre 1200; de acuerdo a su ficha técnica, tiene una alta permeabilidad, resistencia mecánica, química y al punzonamiento; lo que permite su instalación directa sobre terrenos naturales o recubrimientos con piedras sin deterioro; siempre cuidando la entrada y salida de las tuberías de 2 pulgadas de diámetro que llevarán el agua tratada.

Al tener la base preparada, se procede con la instalación de los medios filtrantes se dará una capa de grava gruesa de 16 mm con un espesor de 15 cm para las salidas de tuberías y el resto será llenado con grava fina de 6 mm. Tras la colocación de las capas filtrantes se hace la plantación de los carrizos (*Phragmites australis*).

Para la formación de los peldaños (véase plano HA-DHU-10) se emplearon muros de contención los cuales miden 0.60 m de ancho en su base, 0.12 m de ancho del muro y 1.20 m o 1.50 m dependiendo de la localización de los recorridos de tubería, así mismo a todo lo largo de esos muros se hace colocación de columnas de 0.12x0.20 a cada 3 metros, para asegurar que la estructura no sufra de deformaciones.

En el caso de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal que están dentro del diseño de los peldaños y al tener sus bases ataludadas, se hace la adición de cadenas de cerramiento de 0.12 m de ancho y de acuerdo a su localización puede ser 0.55, 0.30 o 0.25 m de alto, con el objetivo de unir la base de estos humedales y continuar con la forma curveada de los muros de contención.

Así mismo, para la base del humedal artificial de flujo de superficial (véase plano HA-DHU-10) será recubierto por un impermeabilizante Sika Monotop Seal 107, el cual es apto se usa para depósitos de agua potable y para aumentar las resistencias.

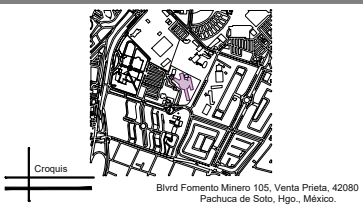
Al tener la base y sus paredes impermeabilizadas, se agrega una capa de sedimentos con un espesor de 35 cm, la cual estará conformada por una mezcla de tierra de hoja y grava fina de 6 mm, en donde se plantan las plantas del tule (*Typha domingensis*) y a la hoja de pescado (*Nymphoides fallax*).

Por otra parte, se hace la adición de un mirador de madera como parte del diseño del espacio, para un mejor aprovechamiento visual del acabo final de los humedales artificiales y de los peldaños con plantas ornamentales; convirtiéndolo en un espacio de relajación, donde las personas puedan estar tranquilos y tener contacto con la naturaleza, en el plano HA-DEC-11 se muestra la imagen propuesta, el armado de sus estructuras, los materiales empleados y las medidas empleadas.

Y en el caso de las medidas de seguridad se añadió a todo lo largo del perímetro del sitio un barandal de seguridad; en el plano HA-DEC-11 se puede observar el diseño propuesto, el cual está fabricado con acero inoxidable, su modelo apto para los niños y permite ver el paisaje natural sin obstrucciones.



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

----- Referencia nivel
↕ Nivel en alzado
0.00 Cotas

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Corte Longitudinal y Transversal

ESCALA GRÁFICA



ESCALA

1:100

FECHA

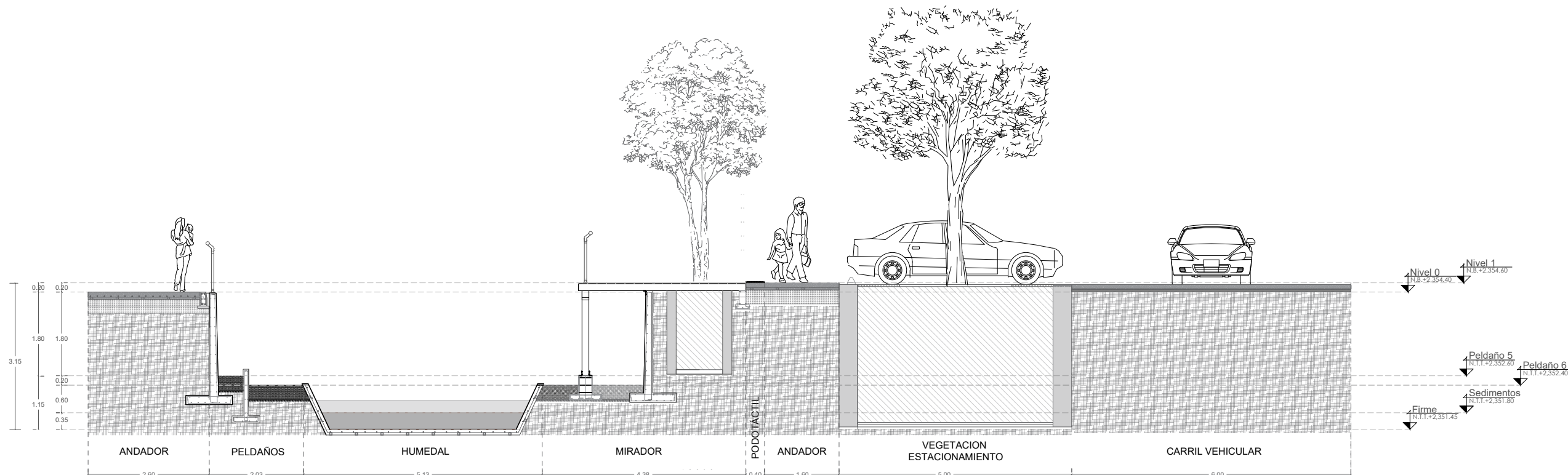
NOVIEMBRE, 2025

COTAS

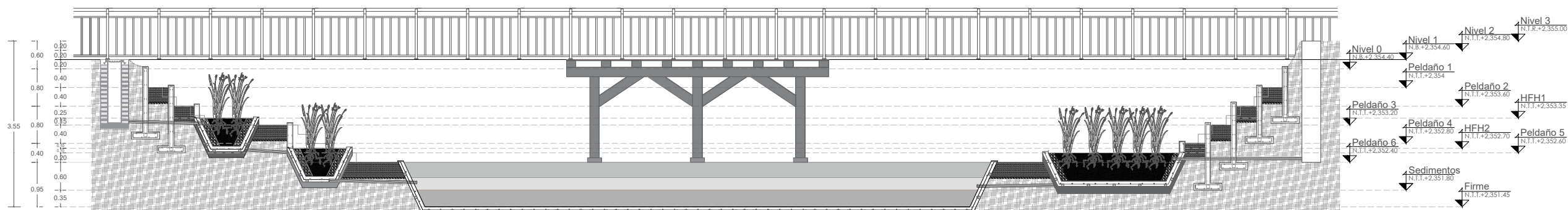
METROS

NOMENCLATURA

HA-CLT-09

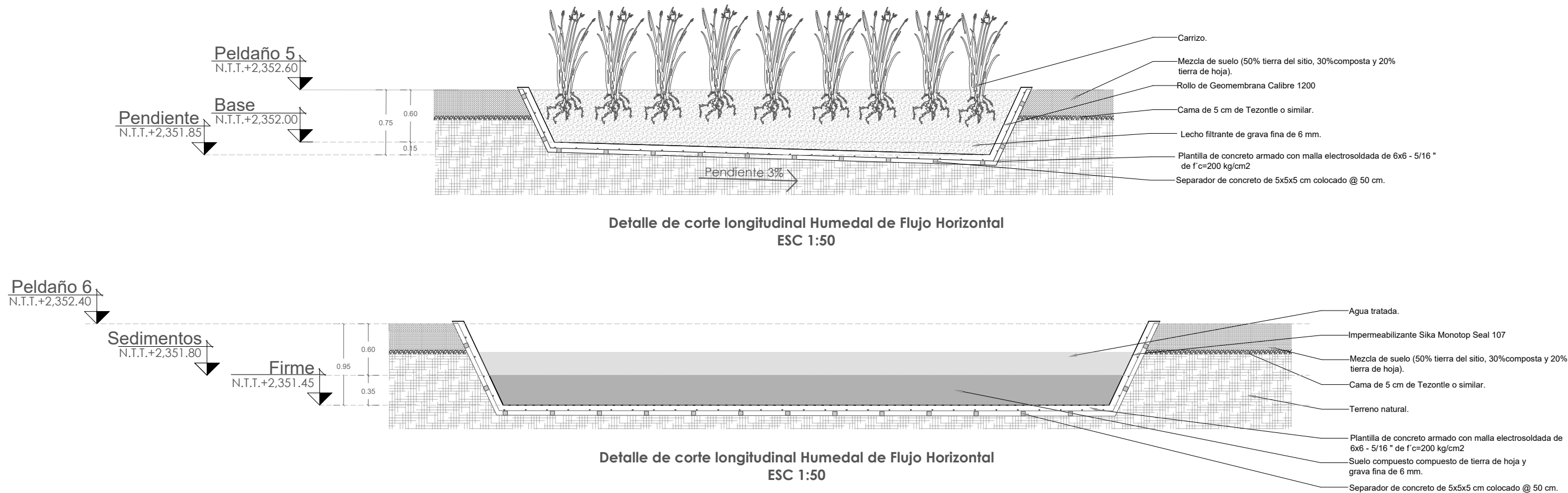


Detalle de corte transversal con estacionamiento
ESC 1:100

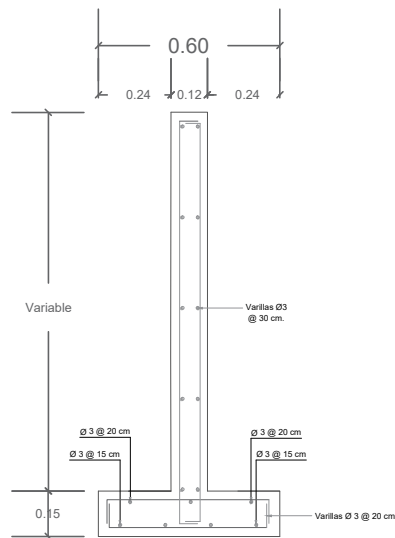


Detalle de corte longitudinal del funcionamiento de los humedales
ESC 1:100

CORTES POR HUMEDAL



ARMADOS

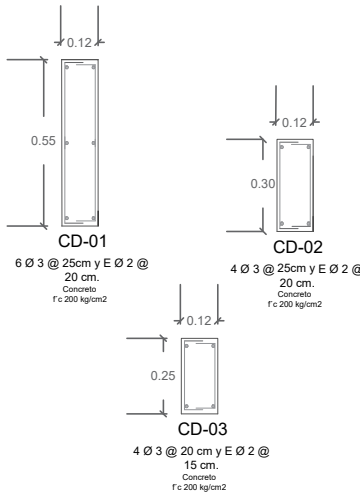


VISTA FRONTAL
Muro de contención de 12 cm de grosor. Armado lecho inferior Ø 3 @ 15 cm en ambas direcciones; lecho superior Ø 3 @ 20 cm. Concreto f'c=200 Kg/cm2.

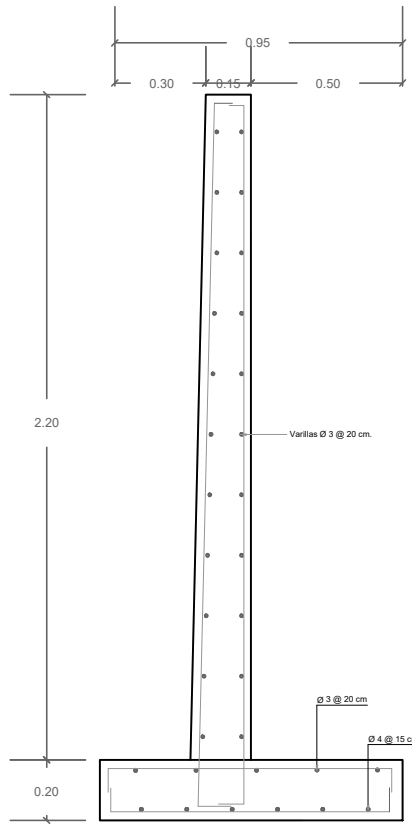
Sección de muro (MC-01)
ESC 1:25

Columna de 20x12 cm, armado con 6 Ø 3 y E Ø 2 @ 15 cm. Concreto f'c= 200Kg/cm2.

Columna (C-01)
ESC 1:25



Cadenas de cerramiento
ESC 1:25

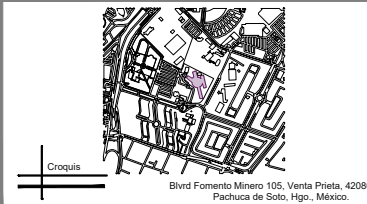


Muro de contención de 20 cm de grosor. Armado lecho inferior Ø 4 @ 15 cm en ambas direcciones; lecho superior Ø 3 @ 20 cm. Concreto f'c=250 Kg/cm2.

Sección de muro de contención (MC-02)
ESC 1:25



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

----- Referencia nivel
↑ Nivel en alzado
0.00 Cotas

ESPECIFICACIONES

- Las cadenas de cerramiento se colocarán como complementación de la cimentación de los humedales de flujo horizontal del lado en donde el nivel de tierra sea mayor, con fin de contener la fuerza ejercida del terreno.

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Diseño de humedales

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

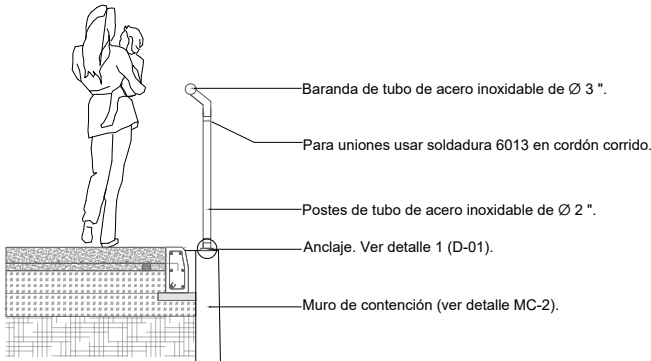
COTAS

VARIAS

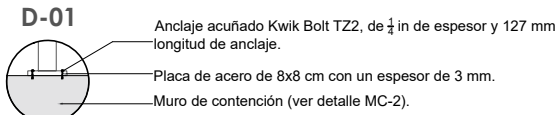
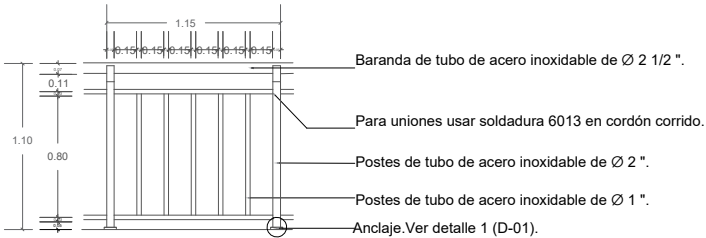
METROS

NOMENCLATURA

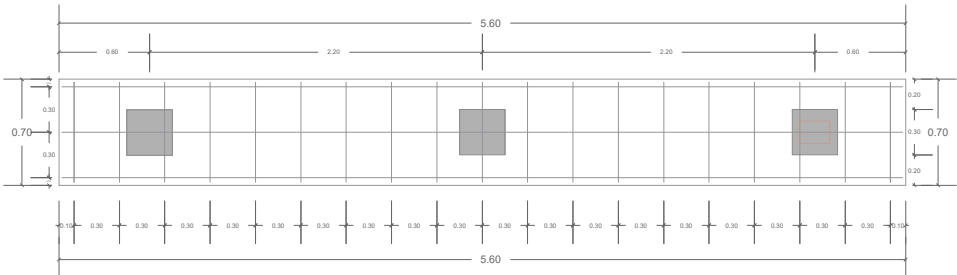
Alzado Lateral



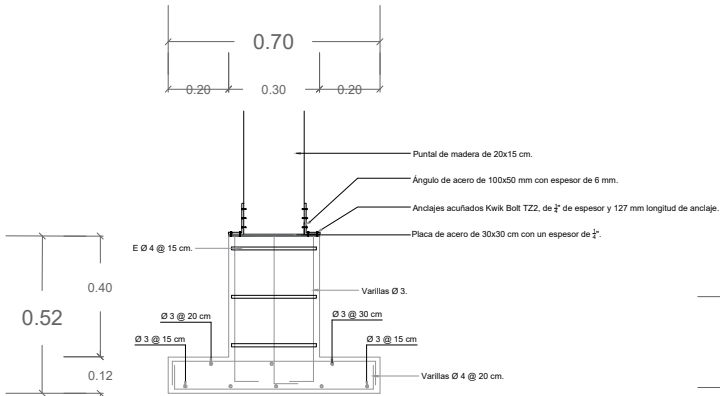
Alzado Frontal



Detalle de barandal
ESC 1:50



Cimentación de mirador
ESC 1:50



Zapata corrida de concreto armado de 70x15 cm. Armado lecho inferior Ø 3 @ 20 cm en ambas direcciones; lecho superior Ø 3 @ 15 cm.

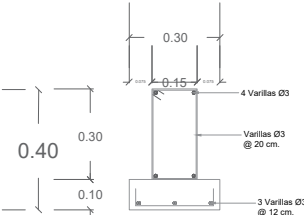
Dado de concreto armado de 30x30 cm. Armado con 8 varillas del No.3 con estribos del No.4 a cada 15 cm.

Zapata corrida con dado (ZD-01)
ESC 1:25

Dado de concreto (D-01)
ESC 1:25

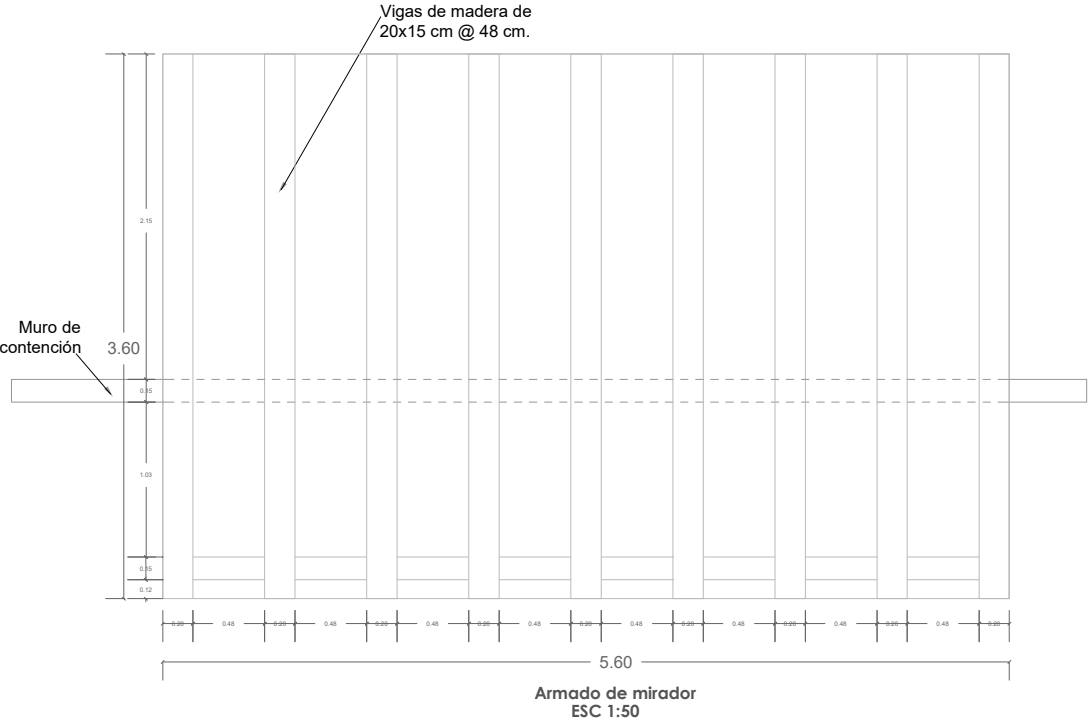
Dado de concreto armado de 30x30 cm, armado con 8 Ø 3 y E Ø 4 @ 15 cm. Concreto f'c= 250Kg/cm2.

Cadena de desplante (CD-01)
ESC 1:25

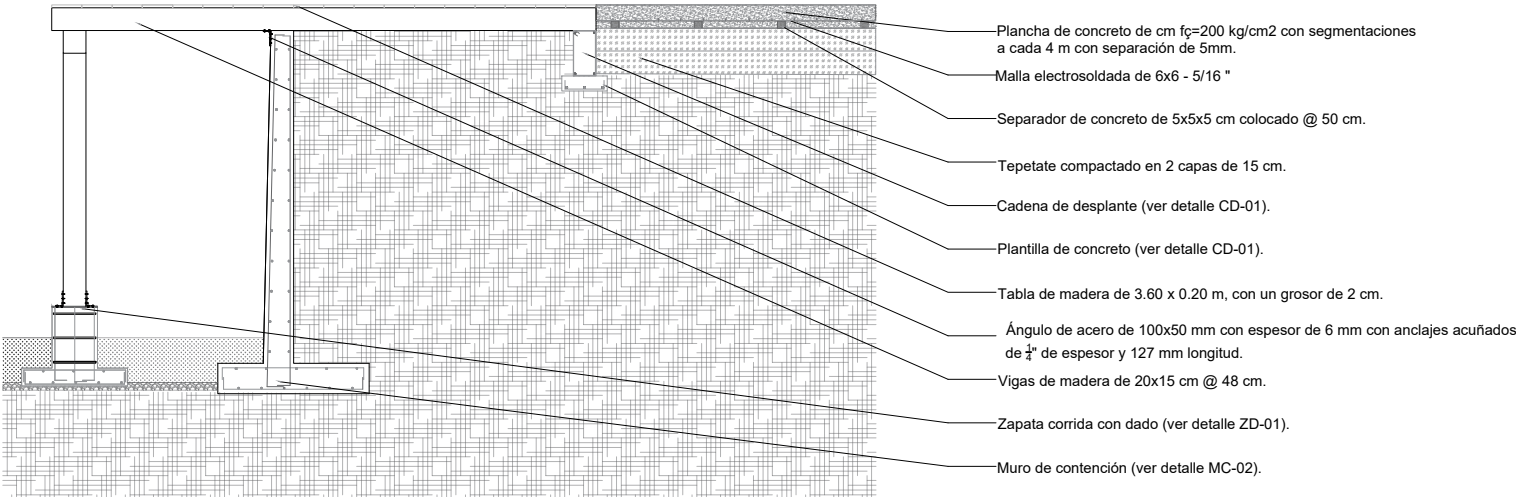
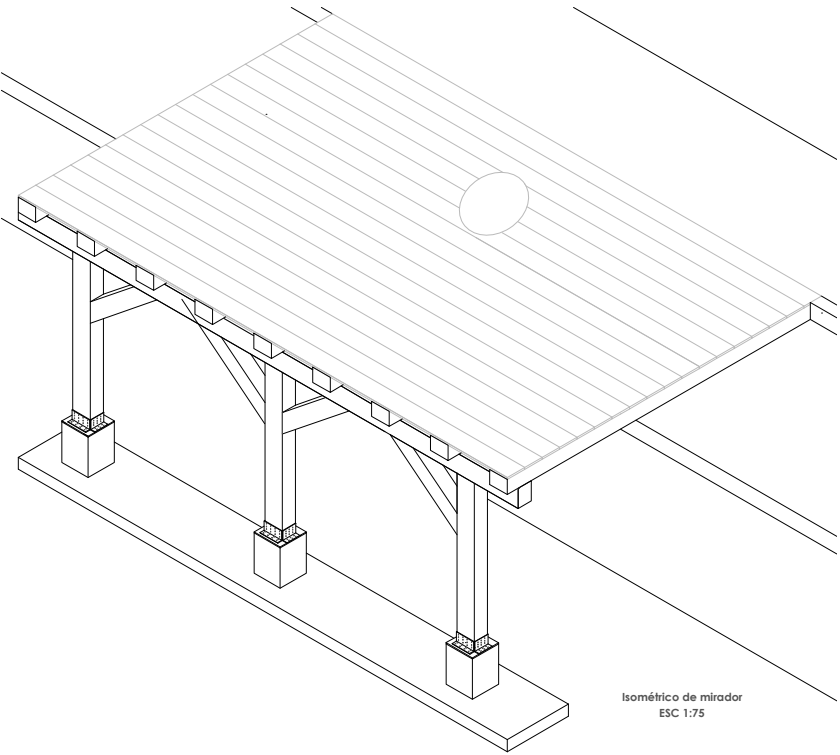


Cadena de desplante de 0.15X 0.30 m, armado con 4 Ø 3 y E Ø 3 @ 20 cm. Concreto f'c= 200 Kg/cm2.

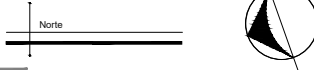
Plantilla de concreto de 0.30x0.10 cm con armado lecho inferior de Ø 3 @ 12 cm.



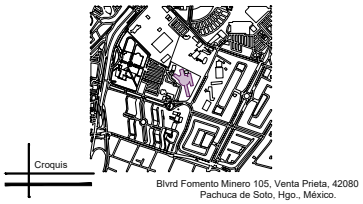
Armado de mirador
ESC 1:50



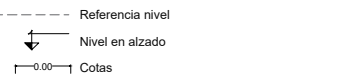
Perfil de mirador
ESC 1:75



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



ESPECIFICACIONES

- El muro de contención tendrá una junta de construcción de 1" que permita dividirlo a la mitad.
- La madera usada en el mirador será recubierta por aceite impregnate NOGAL CLÁSICO (HI-0115) y como protección el Barniz Mate Protectolack Transparente, ambas de la marca Sayer.

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalles constructivos

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

COTAS

VARIAS

METROS

NOMENCLATURA

5.6 Áreas ajardinadas y paisajismo

En el caso de la paleta vegetal del sistema de humedales artificiales se escogieron 3 especies, como se muestra en los planos HA-DET-12 se muestra gráficamente las características y se hace mención de sus especificaciones de plantación del carrizo para los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal; así mismo en los planos HA-DET-13 y HA-DET-14 se muestra al tule y a la hoja de pescado para el humedal artificial de flujo superficial.

Por otra parte, dentro de la Tabla 3.A y del plano HA-PVH-15, se hace mención de las características de uso y forma que presenta la paleta vegetal seleccionada para los humedales artificiales.

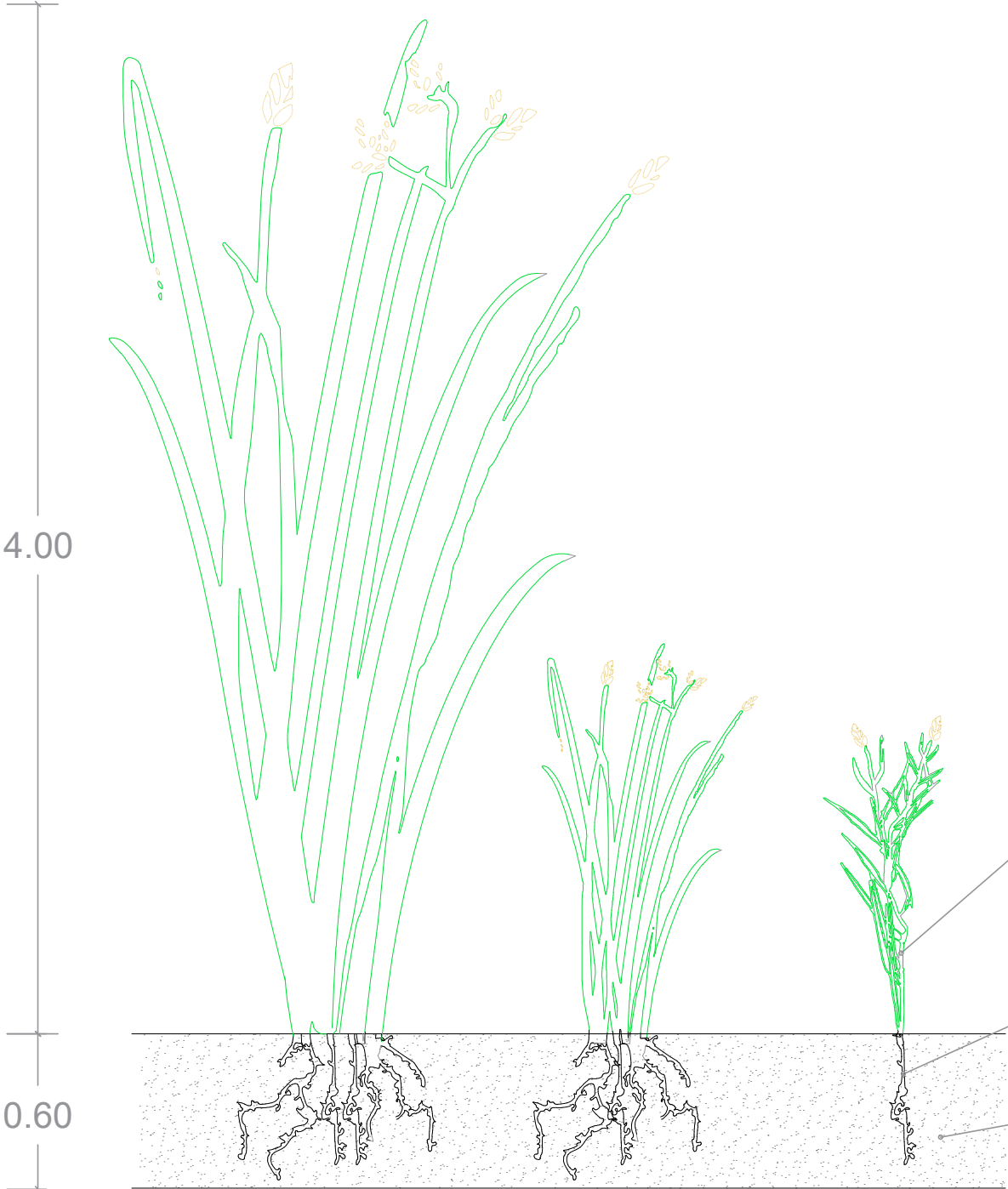
PALETA VEGETAL CUALITATIVA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES:

Ubicación	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen	Forma de vida	Hábitat	Dimensión (altura x diámetro)	Floración / época	Necesidades	
									Suelo	Sol
Zona 1	Phragmites australis	Carrizo	Poaceae	Europa	Perenne	Costas Pantanos Praderas Riberas Orillas de ríos o lagos Sitios perturbados	4 m x 50 cm	Violáceas a dorado/ fines de verano e inicios de otoño	En la mayoría de las texturas del suelo	Pleno sol
Zona 2	Typha domingensis	Tule	<u>Typhaceae</u>	América	Perenne	Estanques Canales de riego Pantanos Lagunas	3 m x 50 cm	Café oscuro / primavera	Cualquier tipo de sustrato	Pleno sol
Zona 3	Nymphoides fallax	Hoja de pescado	Menyanthaceae	México Guatemala	Perenne	Charcas Ciénegas Lagos Presas Zonas inundadas	30 cm tallo x 60 cm	Blanco / fines de primavera a principios de invierno	Ricos en materia orgánica u nutrientes.	Pleno sol

Tabla 3.A: Especies vegetales según su uso y forma para los humedales artificiales.

Fuente: Elaboración propia.

CA_01

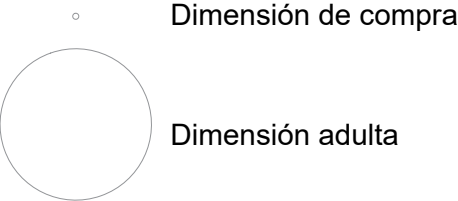
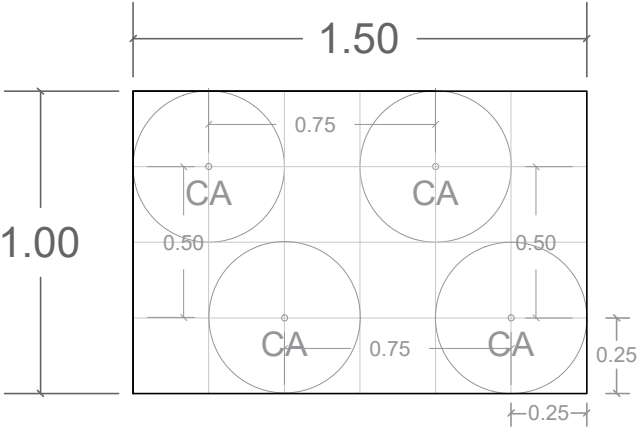


CARRIZO
Phragmites australis

h= 1.50 a 4 m
Ø=0.6 a 2 cm en tallo
Densidad: 4 pzs x módulo
Plantación:@ 50 cm

Raíz:
Profundidad: 30 a 50 cm
Ancho: 3 a 5 m

Sedimentos:
Mezcla de suelo compuesto de tierra de
hoja y grava fina de 6 mm.



UBICACIÓN

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 01

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

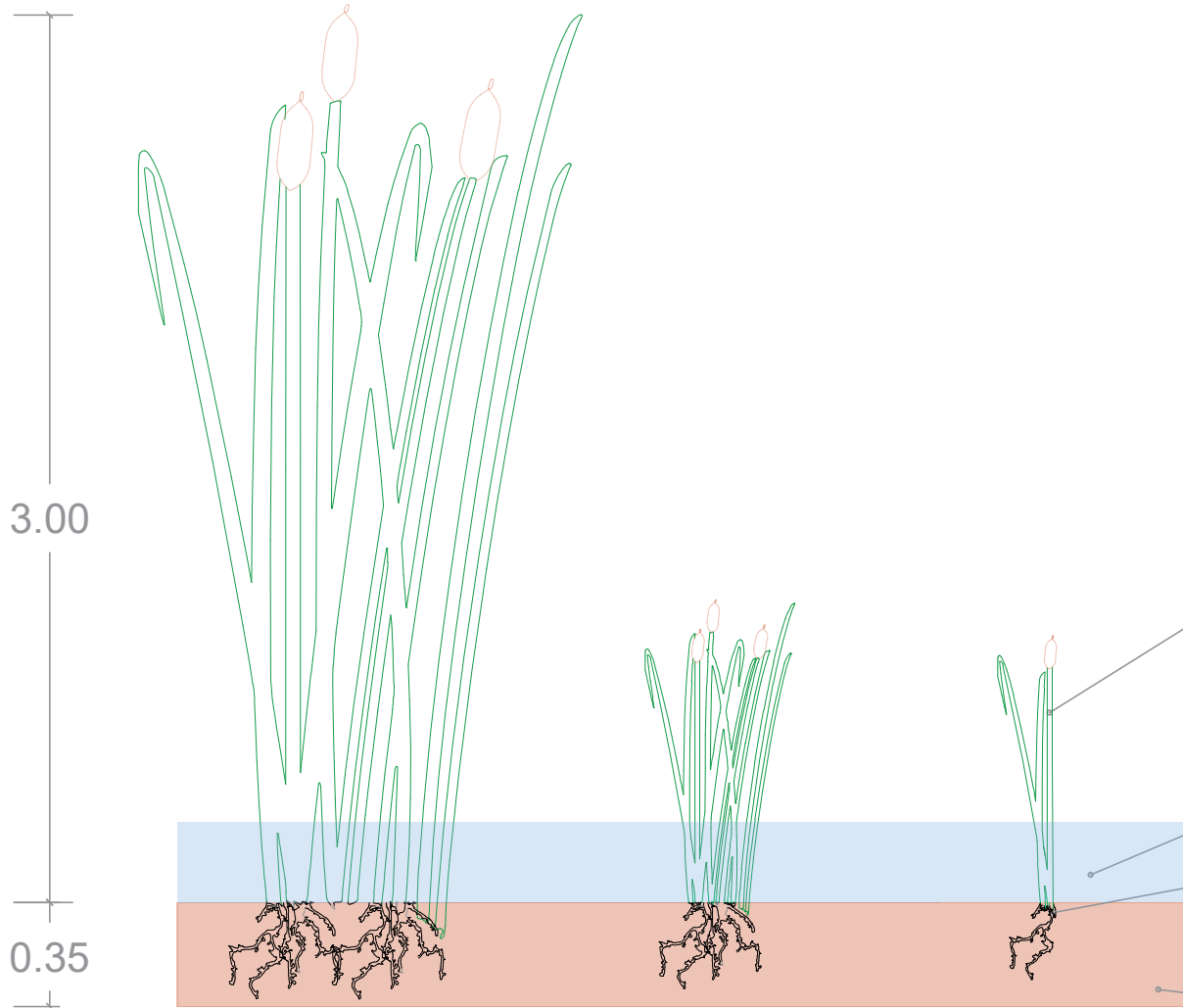
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-12

TU-02

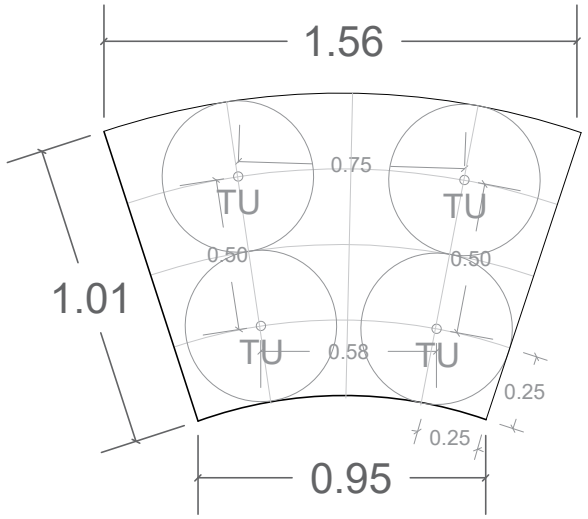


TULE
Typha Domingensis
h= 1 a 3 m
ø= 1 a 3 cm en tallo
Densidad:4 pzs x módulo
Plantación:@ 50 cm

Agua tratada

Raíz:
Profundidad: 15 a 40 cm
Ancho: 2 m

Sedimentos:
Mezcla de suelo compuesto de tierra de hoja y
grava fina de 6 mm.



○ Dimensión de compra
○ Dimensión adulta

Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Reticula

Zona 2:
Humedal de flujo superficial

Los módulos de plantación varían según la posición
en su zona designada; podrá variar su superficie,
dimesiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de
Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales
para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 02

ESCALA GRÁFICA

0

0.25

0.5

1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

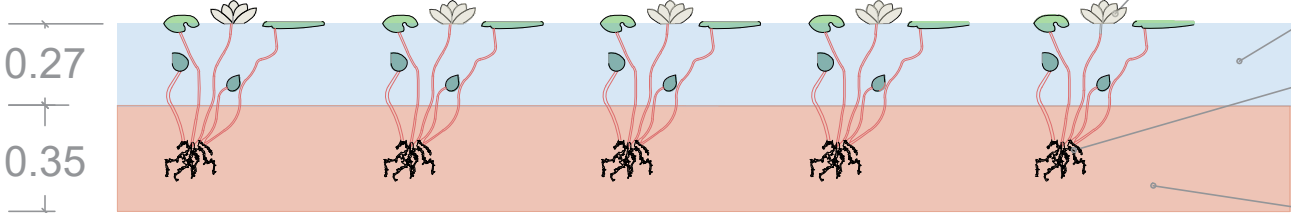
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-13

HP_03



HOJA DE PESCADO

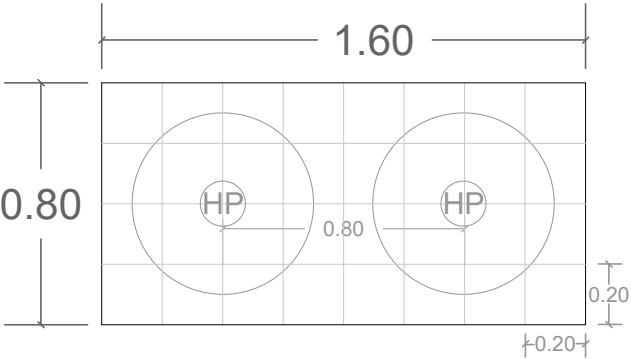
Nymphoides fallax
h= 30 a 50 cm
ø= 15 a 60 cm el esqueje
Densidad:2 pzs x módulo
Plantación:@ 80 cm

Agua tratada

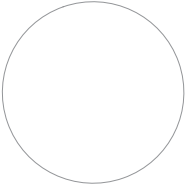
Raíz:
Profundidad:15 a 30 cm
Ancho: 50 cm a 1 m

Sedimentos:

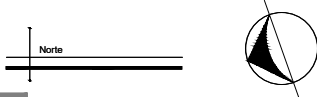
Mezcla de suelo compuesto de tierra de hoja y grava fina de 6 mm.



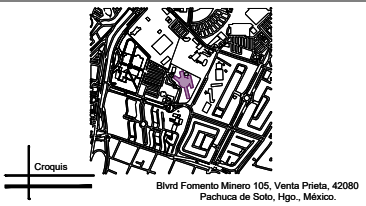
Dimensión de compra



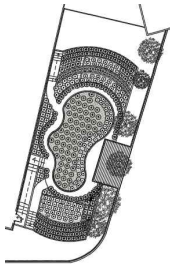
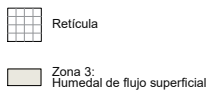
Dimensión adulta



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

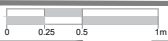
TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 03

ESCALA GRÁFICA



ESCALA

1:25

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-14

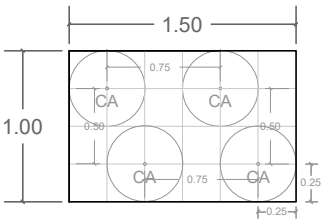
MACRÓFITAS EMERGENTES

CARRIZO
Phragmites australis

CA-01



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Hierba perenne
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida
- **FISIONOMÍA:** Caña
- **CRECIMIENTO:** Rápido
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 2 a 4 metros.
 - **FOLLAJE:** Denso y lanceolado.
 - **COLOR:** Verde azulado en su fase activa, tornándose amarillo y marrón en otoño e invierno.
- **FLORACIÓN:** Panícula densa de color púrpura oscuro.
- **TIPO DE RAÍCES:** rizoma rastrero.
- **SUELO:** Firmes arcillosos de contenido mineral.
- **SOL:** Pleno sol.
- **RIEGO:** Contacto constante con agua.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

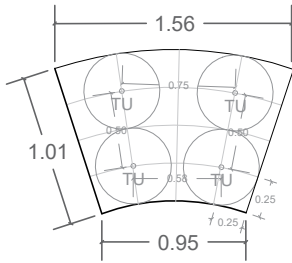
MACRÓFITAS EMERGENTES

TULE
Typha domingensis

TU-02



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Hierba acuática.
- **ORIGEN:** Nativa
- **NOM-059:** No protegida
- **FISIONOMÍA:** Planta herbácea.
- **CRECIMIENTO:** Rápido
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 1 a 3 metros.
 - **FOLLAJE:** Hojas alargadas, finas y lineales.
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** moreno claro, con una o más brácteas.
- **TIPO DE RAÍCES:** rizoma rastrero.
- **SUELO:** Húmedos, fangosos y ricos en nutrientes.
- **SOL:** Pleno sol.
- **RIEGO:** Contacto directo con el agua.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

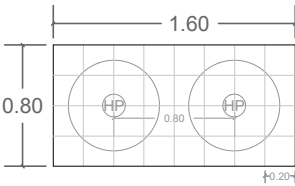
MACRÓFITAS DE HOJAS FLOTANTES

HOJA DE PESCADO
Nymphoides fallax

HP-03



FORMA BIOLÓGICA

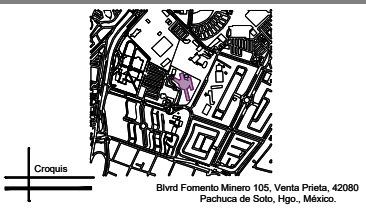


FORMA EN PLANOS

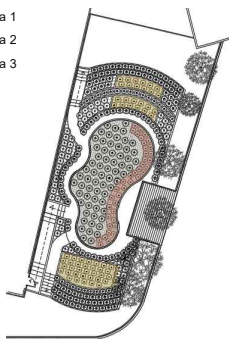
- **TIPO:** Planta acuática
- **ORIGEN:** Nativa
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Herbáceo y perenne.
- **CRECIMIENTO:** Rápido
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 5 a 10 cm las hojas.
 - **FOLLAJE:** Redondeado u ovalado.
 - **COLOR:** Verde oscuro
- **FLORACIÓN:** Blanca o Amarilla
- **TIPO DE RAÍCES:** Esquejes y rizomas.
- **SUELO:** Ligeros y ricos en nutrientes.
- **SOL:** Luz indirecta o moderada.
- **RIEGO:** Contacto directo con el agua.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Especificaciones

PLANO

Paleta vegetal para humedales artificiales

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

S/E

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

En el caso del diseño de los peldaños se hizo la selección y distribución de plantas a partir de un criterio cromático, donde las tonalidades más claras se colocaron en los niveles más bajos y conforme fueran aumentando las tonalidades se oscurecían.

En los planos HA-DET-16, HA-DET-17, HA-DET-18, HA-DET 19, HA-DET-20, HA-DET-21 Y HA-DET-22 se muestra de manera gráfica las características de las plantas además de sus especificaciones de plantación.

Del mismo modo, en la Tabla 3.B y en el plano HA-PVP-23 se hace mención de las características de uso y forma que presenta la paleta vegetal seleccionada

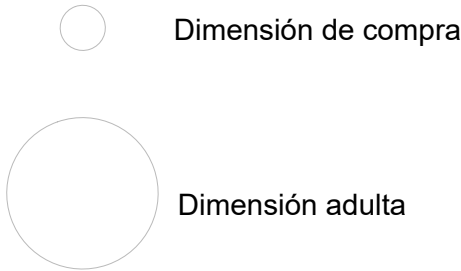
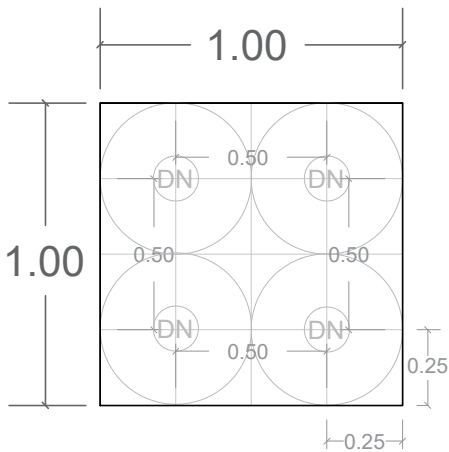
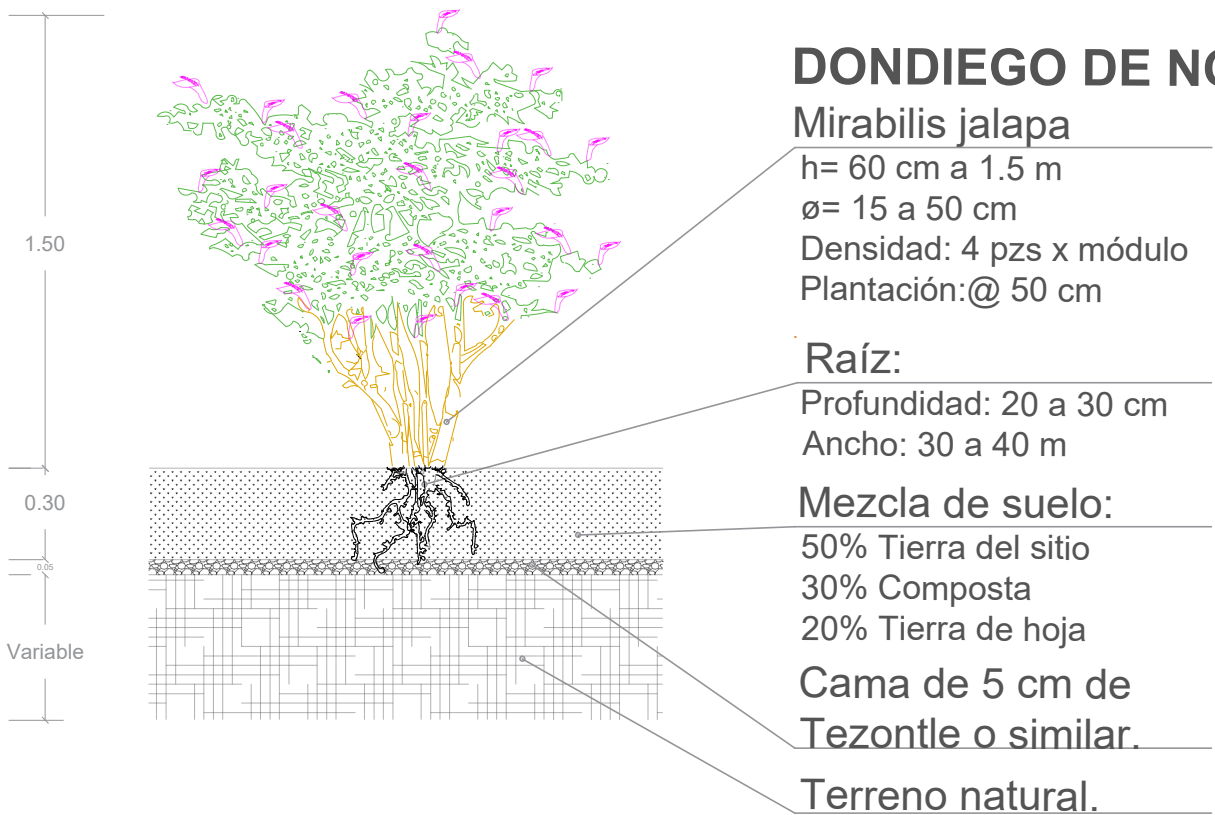
PALETA VEGETAL CUALITATIVA DE LOS PELDAÑOS:

Ubicación	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen	Forma de vida	Hábitat	Dimensión (altura x diámetro)	Floración / época	Necesidades	
									Suelo	Sol
Zona 7	Mirabilis jalapa	Don Diego de noche	Nyctaginaceae	América tropical	Perenne	Baldíos Praderas Pastizales Orillas de caminos	1.5 m x 50 cm	Morado, rosa, rojo, naranja, amarillo y blanco / fines de verano a otoño	Suelos modificados	Pleno sol o semisombra
Zona 4	Salvia mexicana	Tlacote	Lamiaceae	México	Perenne	Pastizales Parcelas Orillas de caminos	1.0 m x 60 cm	Azul oscuro / fines de verano a invierno	Lugares perturbados	Pleno sol o semisombra
Zona 8	Bidens anthemoides	Mozotillo	Asteraceae	Centro de México	Perenne o anual.	Pastizales Potrerros Orillas de caminos	80 cm x 60 cm	Amarillo / verano a invierno.	Lugares perturbados	Pleno sol o semisombra
Zona 9	Dietes vegeta	Iris Africana	Iridaceae	África	Perenne	Pastizales Matorrales Laderas rocosas	90 cm x 60 cm	Blanco / primavera a otoño	Suelos modificados	Pleno sol o semisombra
Zona 5	Salvia polystachya	Chía de campo	Lamiaceae	México Panamá	Perenne	Orillas de caminos Matorrales secundarios	3 m x 60 cm	Púrpura o morado / fines de verano a otoño.	Áreas perturbadas	Pleno sol
Zona 6	Penstemon barbatus	Campanitas	Plantaginaceae	Norteamérica	Perenne	Laderas secas Bosques abiertos	1 m x 0.60 cm	Amarillo – rojiza o rojo-escarlata / verano	Lugares perturbados	Pleno sol
Zona 10	Hedera helix	Hiedra Euroasiática	Araliaceae	Europa, Asia y norte de África	Perenne	Sobre muros Bosques	2 m x 1 m	Amarillo verdoso / fines de verano a otoño	Lugares perturbados	Sombra o semisombra

Tabla 3.B: Especies vegetales según su uso y forma para los peldaños.
Fuente: Elaboración propia.

En el plano HA-CJV-24 se puede observar el acabado final de los humedales artificiales y el diseño de sus alrededores, se especifica el sitio designado para cada tipo de planta y la ubicación actual de los árboles que necesitan ser reubicados.

DN-04



Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Reticula

Zona 7

Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 04

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

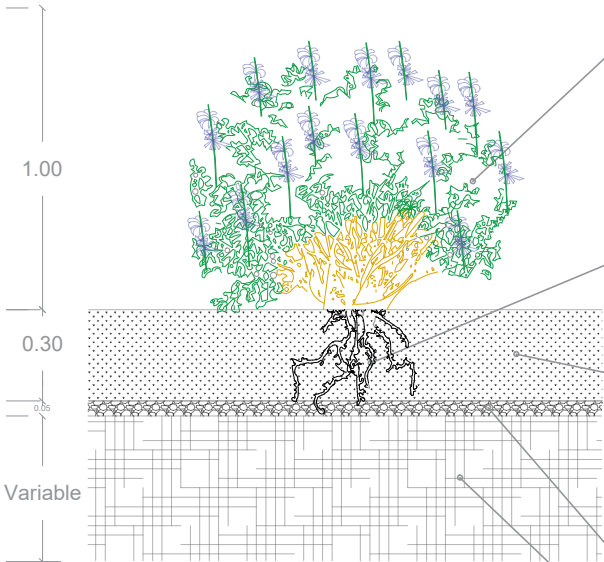
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-16

TL_05



TLACOTE

Salvia mexicana

h= 50 cm a 1 m

ø= 20 a 60 cm

Densidad: 2 pzs x módulo

Plantación:@ 60 cm

Raíz:

Profundidad: 40 cm.

Ancho: 1 m.

Mezcla de suelo:

50% Tierra del sitio

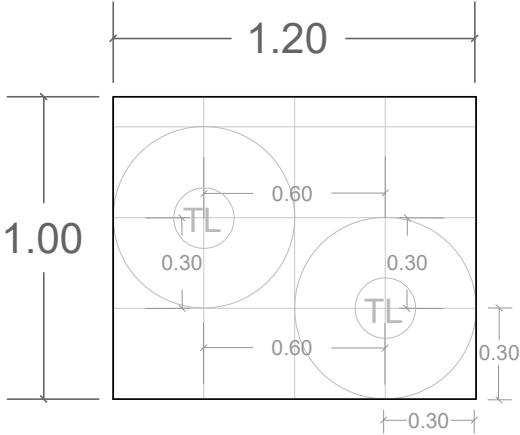
30% Composta

20% Tierra de hoja

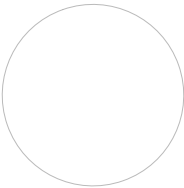
Cama de 5 cm de

Tezontle o similar.

Terreno natural.



Dimensión de compra



Dimensión adulta

Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Reticula

Zona 4

Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 05

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

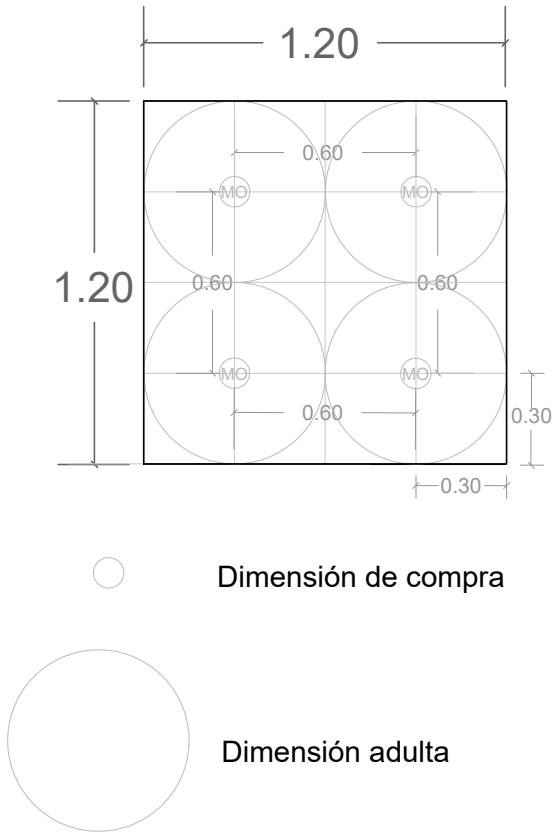
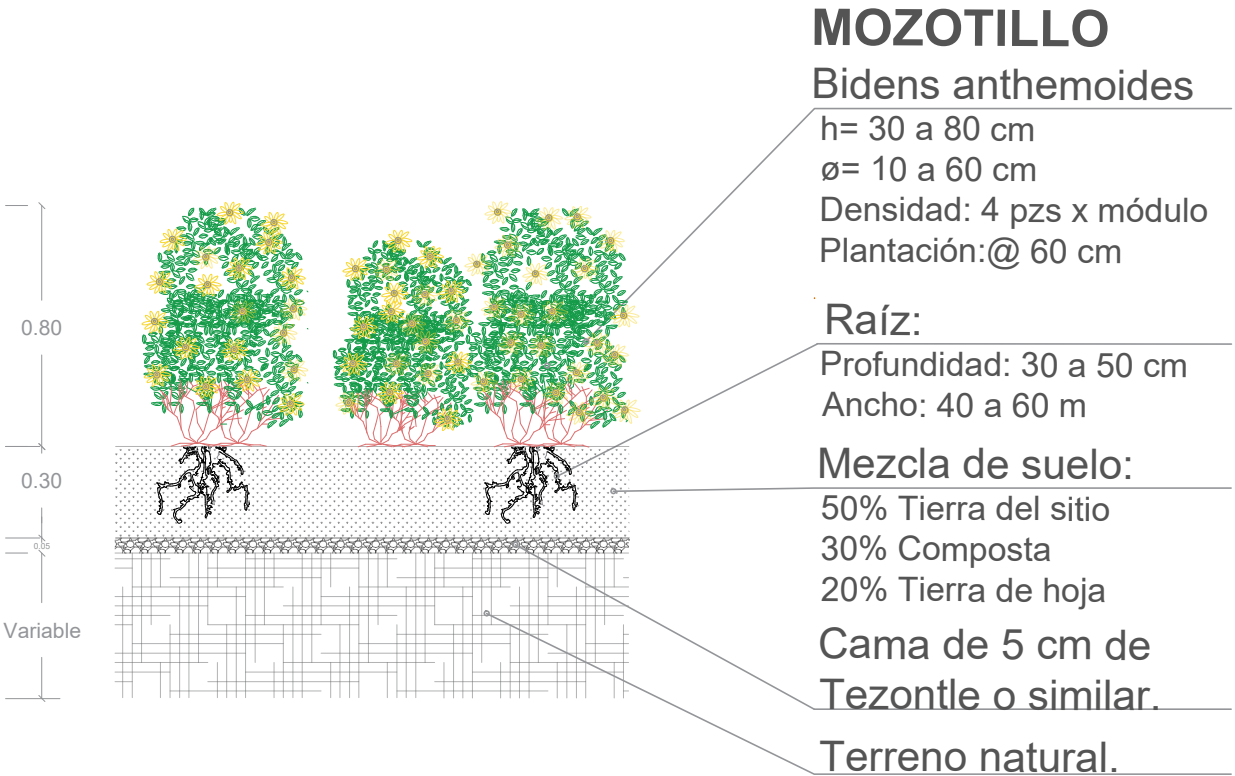
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-17

M0_06



Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Reticula

Zona 8

Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 06

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

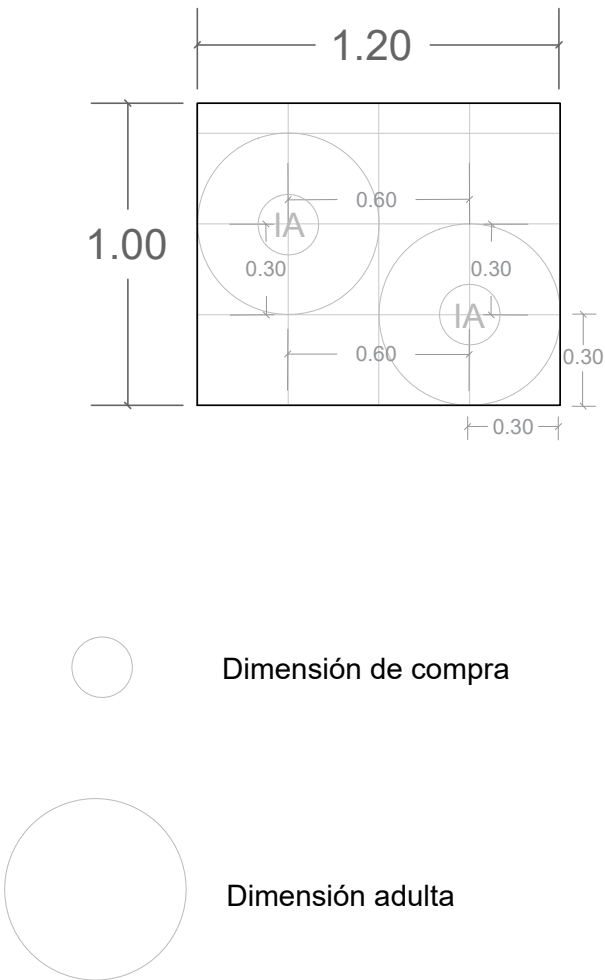
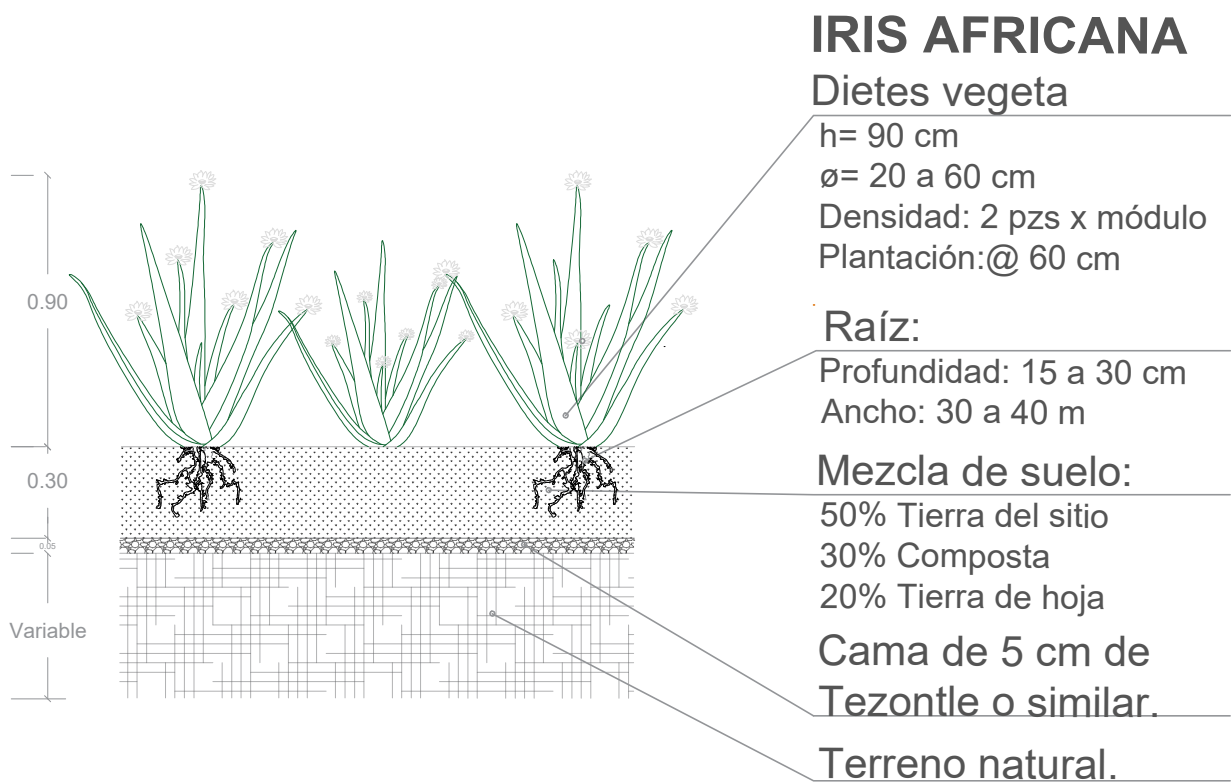
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-18

IA_07



Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080 Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

Reticula

Zona 9

Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano

Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 07

ESCALA GRÁFICA

0 0.25 0.5 1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

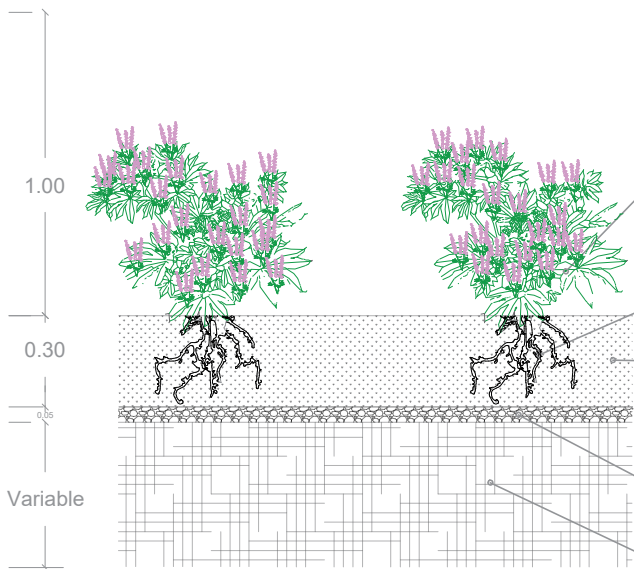
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-19

CC-08



CHÍA DE CAMPO
Salvia polystachya

h= 1 a 3 m
ø= 20 a 60 cm
Densidad: 2 pzs x módulo
Plantación:@ 60 cm

Raíz:

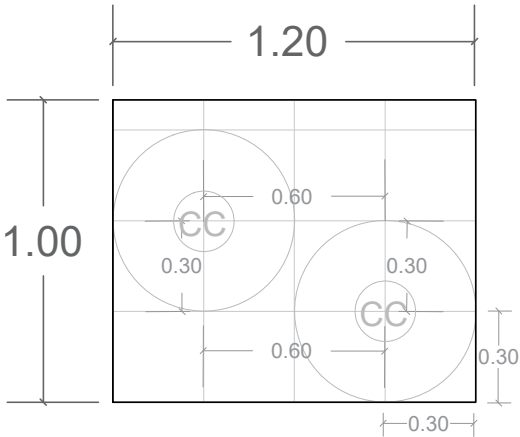
Profundidad: 40 cm
Ancho: 50 cm a 1 m

Mezcla de suelo:

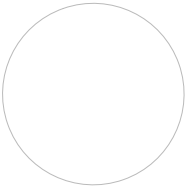
50% Tierra del sitio
30% Composta
20% Tierra de hoja

Cama de 5 cm de
Tezontle o similar.

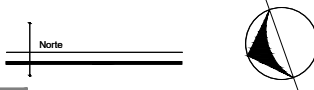
Terreno natural.



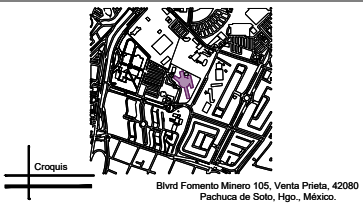
Dimensión de compra



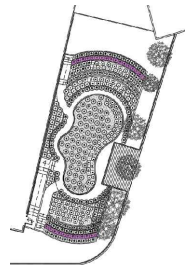
Dimensión adulta



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

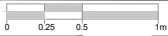
TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 08

ESCALA GRÁFICA



FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

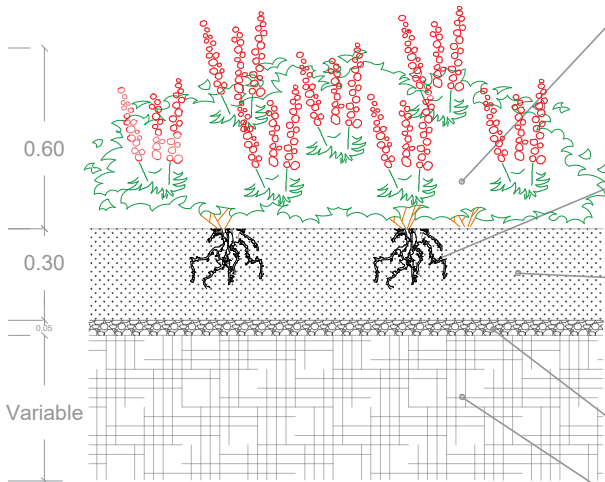
1:25

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

CM-09



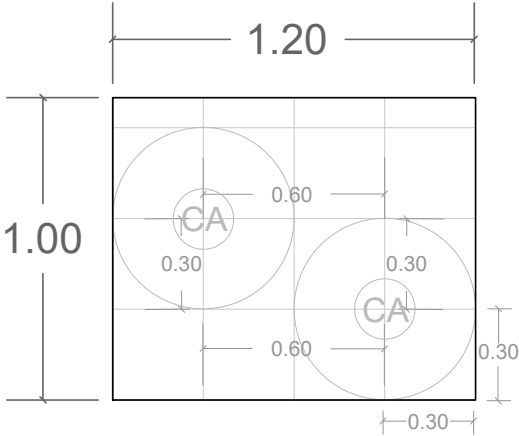
CAMPANITAS
Penstemon barbatus
h= 1 m
ø= 20 a 60 cm
Densidad: 2 pzs x módulo
Plantación:@ 60 cm

Raíz:
Profundidad: 15 a 30 cm
Ancho: 1 a 3 m

Mezcla de suelo:
50% Tierra del sitio
30% Composta
20% Tierra de hoja


Cama de 5 cm de Tezontle o similar.

Terreno natural.




Dimensión de compra

Dimensión adulta

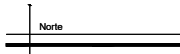



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Licenciatura en Arquitectura



CRIT
Hidalgo


Norte






UBICACIÓN


Croquis




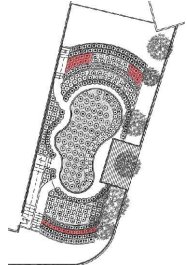


Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

 Reticula

 Zona 6



Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

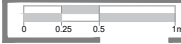
TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 09

ESCALA GRÁFICA



0 0.25 0.5 1m

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

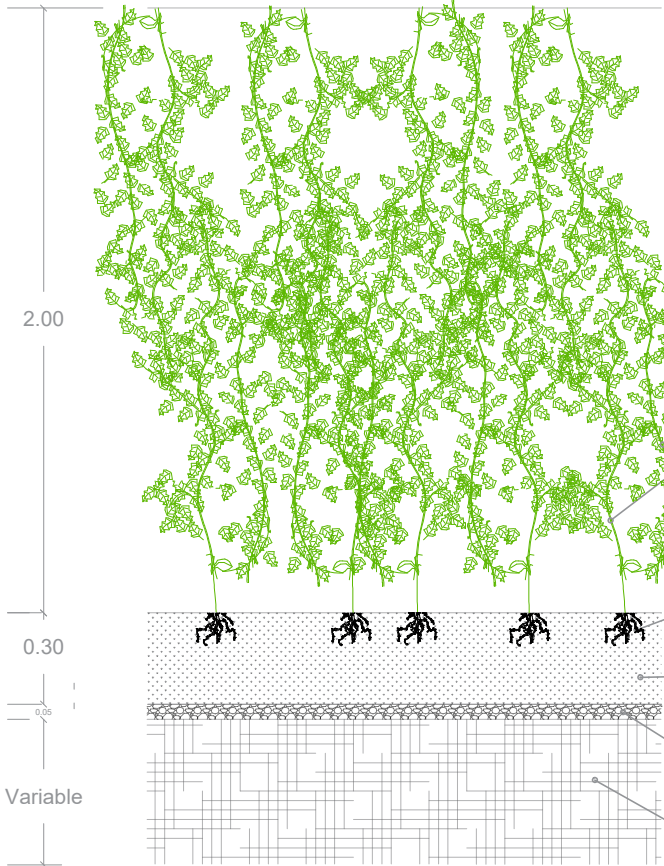
COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-21

HE-10



HIEDRA EUROASIÁTICA
Hedera helix

h= 2 m
ø= 20 cm a 2 m
Densidad: 1 pzs x módulo
Plantación:@ 50 cm

Raíz:
Profundidad: 30 cm en suelo
Ancho: 1 m en suelo

Mezcla de suelo:
50% Tierra del sitio
30% Composta
20% Tierra de hoja

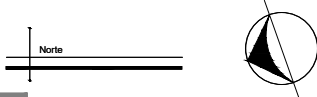
Cama de 5 cm de
Tezontle o similar.

Terreno natural.

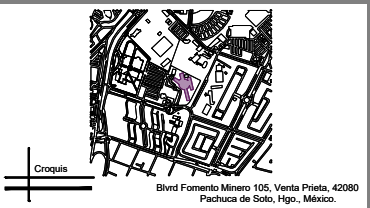


○ Dimensión de compra

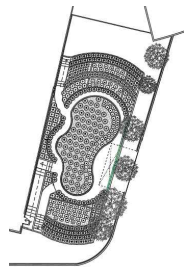
▬ Dimensión adulta:
crecimiento lateral



UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



Los módulos de plantación varían según la posición en su zona designada; podrá variar su superficie, dimensiones y especificaciones.

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

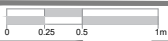
TIPO DE PLANO

Detalles

PLANO

Detalle Planta 10

ESCALA GRÁFICA



FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

1:25

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-DET-22

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

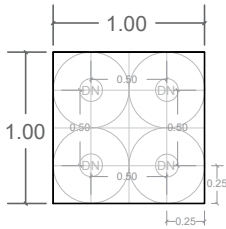
DONDIEGO DE NOCHE

Mirabilis jalapa

DN-04



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Planta perenne.
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Follaje decorativo.
- **CRECIMIENTO:** Rápido.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 60 cm a 1.5 m.
 - **FOLLAJE:** Lanceoladas y ovaladas.
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** flores en forma de trompeta, de color rojo, rosa, amarillo, blanco o morado.
- **TIPO DE RAÍCES:** Tuberosas, gruesas y carnosas.
- **SUELO:** arenosos, arcillosos o calcáreos; con buen drenaje.
- **SOL:** Pleno sol o semisombra.
- **RIEGO:** Moderado, tolera sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

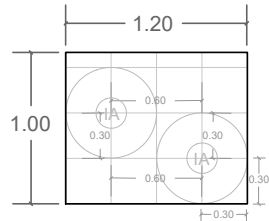
IRIS AFRICANA

Dietes vegeta

IA-07



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Hierba perenne.
- **ORIGEN:** Exótica
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Arbusto.
- **CRECIMIENTO:** Rápido.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 60 a 90 cm.
 - **FOLLAJE:** largas, estrechas y en forma de espada.
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** Amarillo pálido o crema.
- **TIPO DE RAÍCES:** Fibrosa y superficial.
- **SUELO:** Suelos ligeramente ácidos a neutros, arenosos o rocosos.
- **SOL:** Pleno sol o semisombra.
- **RIEGO:** Moderado, resiste sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

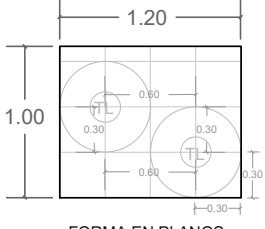
TLACOTE

Salvia mexicana

TL-05



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Plante perenne.
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Arbusto.
- **CRECIMIENTO:** Rápido.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 50 cm a 3 metros.
 - **FOLLAJE:** Ovals y grandes.
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** Azul.
- **TIPO DE RAÍCES:** Radicular, fibroso y superficial.
- **SUELO:** Arenosos, arcillosos de pH neutro o ligeramente alcalino; buen drenaje.
- **SOL:** Pleno sol o semisombra.
- **RIEGO:** Moderado, resiste sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

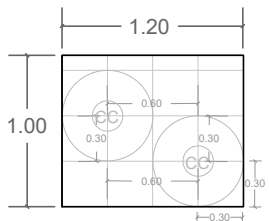
CHÍA DE CAMPO

Salvia polystachya

CC-08



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Planta perenne.
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Arbusto.
- **CRECIMIENTO:** Moderado.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 1 a 3 m.
 - **FOLLAJE:** Hojas lanceoladas, alargadas y dentadas.
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** Moradas o lilas.
- **TIPO DE RAÍCES:** Profundas y fibrosas.
- **SUELO:** Ligeros o arenosos.
- **SOL:** Pleno sol.
- **RIEGO:** Moderado, toleran las sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

HIEDRA EUROASIÁTICA

Hedera helix

HE-10



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Planta perenne.
- **ORIGEN:** Exótica
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Trepadora o rastrera.
- **CRECIMIENTO:** Rápido.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 2 a 3 m.
 - **FOLLAJE:** largas, estrechas y en forma de espada.
 - **COLOR:** Verde oscuro.
- **FLORACIÓN:** Verde-amarillentas.
- **TIPO DE RAÍCES:** Fuerte y fibrosa, Pequeñas raíces aéreas que le permiten trepar y adherirse a superficies.
- **SUELO:** Ligeramente ácidos a alcalinos, ricos en materia orgánica y bien drenados.
- **SOL:** Sombra o semisombra.
- **RIEGO:** Moderado, sin encharcar.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

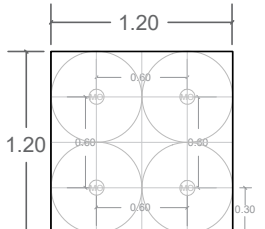
MOZOTILLO

Bidens anthemoides

MO-06



FORMA BIOLÓGICA



FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Planta perenne o anual.
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Arbusto
- **CRECIMIENTO:** Rápido.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 30 a 80 cm.
 - **FOLLAJE:** Compuestas y pinnadas
 - **COLOR:** Verde brillante.
- **FLORACIÓN:** Amarilla.
- **TIPO DE RAÍCES:** Fibrosa y superficial.
- **SUELO:** Bien drenado, arenosos, arcillosos o pedregosos.
- **SOL:** Pleno sol o semisombra.
- **RIEGO:** Moderado, resiste sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.

ARBUSTOS Y ORNAMENTOS

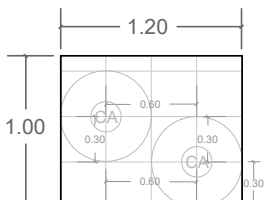
CAMPANITAS

Penstemon barbatus

CM-09



FORMA BIOLÓGICA

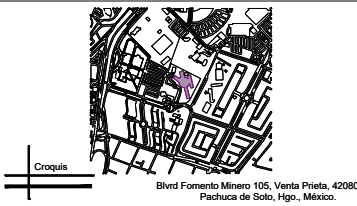


FORMA EN PLANOS

- **TIPO:** Planta perenne.
- **ORIGEN:** Nativa.
- **NOM-059:** No protegida.
- **FISIONOMÍA:** Arbusto.
- **CRECIMIENTO:** Moderado.
- **DIMENSIONES:**
 - **ALTURA:** 1 m.
 - **FOLLAJE:** Hojas lanceoladas, alargadas y dentadas.
 - **COLOR:** Verde claro.
- **FLORACIÓN:** amarillo-rojiza o rojo-escañalada.
- **TIPO DE RAÍCES:** Profundas y fibrosas.
- **SUELO:** Arenosos, arcillosos con pH ligeramente alcalino.
- **SOL:** Pleno sol.
- **RIEGO:** Moderado, toleran las sequías.
- **CUALIDAD DE DISEÑO:** Ornamental.



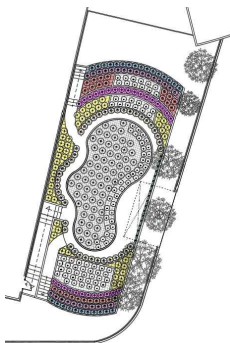
UBICACIÓN



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



- Zona 4
- Zona 5
- Zona 6
- Zona 7
- Zona 8
- Zona 9
- Zona 10



ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christhopher Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Presupuesto:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Especificaciones

PLANO

Paleta Vegetal de Peldaños

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

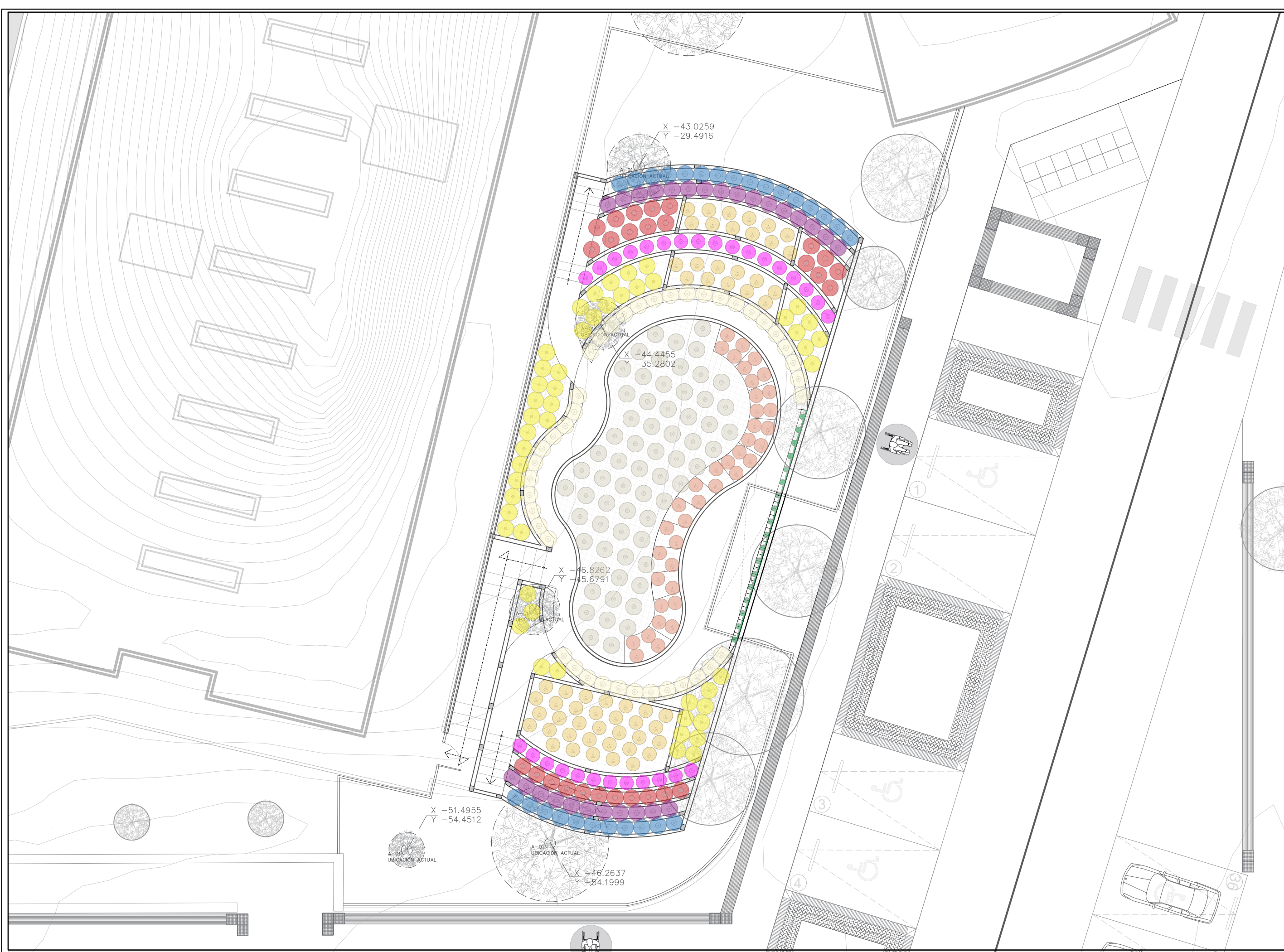
1:50

COTAS

METROS

NOMENCLATURA

HA-PVP-23



5.7 Representaciones gráficas del proyecto.

Después de realizar el análisis del sitio y de aplicar las técnicas de cálculo se presenta una serie de propuestas visuales (renders) en donde se puede apreciar de manera clara la propuesta final.

Se muestra como el sistema de humedales artificiales se integra a su entorno, como se distribuyen los peldaños ajardinados, los recorridos peatonales y los elementos arquitectónicos complementarios.



UBICACIÓN

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño y Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Modelado 3D:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Renders:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Renders

PLANO

Vista 1

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

COTAS

S/E S/C

NOMENCLATURA

HA-REN-25



Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachusa de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño y Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Modelado 3D:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christophor Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Renders:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Renders

PLANO

Vista 2

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

COTAS

S/E

S/C

NOMENCLATURA

HA-REN-26



Norte

UBICACIÓN

Croquis

Blvd Fomento Minero 105, Venta Prieta, 42080
Pachuca de Soto, Hgo., México.

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO

ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés

Diseño y Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés

Modelado 3D:
C. María Sonia Marín Cortés

Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christopher Contreras López

Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García

Renders:
C. María Sonia Marín Cortés

Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Renders

PLANO

Vista 3

ESCALA GRÁFICA

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

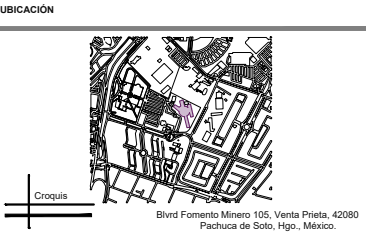
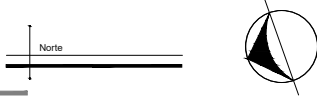
COTAS

S/E

S/C

NOMENCLATURA

HA-REN-27



NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DEL PLANO



ESPECIFICACIONES

- N.T.R.+ : Nivel de tapa de registro
- N.T.T.+ : Nivel de terreno terminado
- N.B.+ : Nivel de Banqueta
- Cotas en metros

RESPONSABLES

Coordinación del proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta
Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal y de Flujo Superficial:
C. María Sonia Marín Cortés
Diseño y Dibujo 2d:
C. María Sonia Marín Cortés
Modelado 3D:
C. María Sonia Marín Cortés
Asesoría para el diseño del sistema:
Dra. Eunice Sarai Flores Lozano
Mtro. Christophor Contreras López
Revisión:
Dr. Marco Antonio Escamilla García
Renders:
C. María Sonia Marín Cortés
Gestión de proyecto:
Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

PROYECTO

Diseño de paisaje e incorporación de humedales artificiales para el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Hidalgo.

TIPO DE PLANO

Renders

PLANO

Vista 4

ESCALA GRÁFICA

S/E

FECHA

NOVIEMBRE, 2025

ESCALA

S/E

COTAS

S/C

NOMENCLATURA

HA-REN-28

5.8 Discusiones.

El diseño del espacio abierto público y privado, además de tener un enfoque estético, puede estar asociado directamente o indirectamente a un proceso de planificación de la ciudad que promueva la regulación de los impactos meteorológicos (*Ahern, 1995*). Además de contribuir en la formación de zonas habitables bien diseñadas, confortables y de alto valor medio ambiental, favorecen el desarrollo de las ciudades bajo el concepto ambiental y arquitectura sostenible (*Pascual González y Peña Díaz, 2011*). Así mismo este tipo de espacios traen consigo varios beneficios, ya sea con la preservación del ambiente urbano, la conservación de los recursos naturales, el desarrollo social y cultural pública (*Quintero González y Quintero González, 2019*).

A partir de la carencia de espacios abiertos de propiedad pública y privada dentro de las grandes ciudades, se han empezado con algunos intentos de implementar intervenciones a aquellos espacios que quedan sin llenar, tales como: lotes sin urbanizar existentes en la malla urbana, manzanas construidas parcialmente o de baja densidad, espacios verdes de las fábricas tradicionales y lotes de instituciones públicas y departamentales; estos intentos, aunque muy pocos, sobre todo en México, pudieran permitir la recomposición de la estructura urbana (*Vélez Restrepo, 2007*). Así mismo, las áreas verdes tanto públicas como privadas que son aprovechadas de manera eficiente y sostenible, permiten la provisión de servicios de regulación, de hábitat y de cultura, cuyos beneficios llegan a toda la población (*Ojeda Revah, 2021*).

Con base en lo anterior, aunque sea un espacio abierto privado, la intervención que se quiere hacer dentro de las instalaciones del CRIT Hidalgo responde ante la falta de espacios abiertos accesibles para los usuarios, permite la reconexión entre la infraestructura médica con su entorno natural, generando a su vez beneficios tanto ambientales al promover la permanencia de la biodiversidad como sociales al influir en el bienestar de los usuarios. Un ejemplo de un espacio abierto privado aprovechado al máximo es la Biblioteca Vasconcelos en la Ciudad de México, el cual además de almacenar libros, apuesta por la condición dual entre edificio y jardín botánico. El edificio

bajo el concepto del jardín del Edén y del Arca de Noé, busca cumplir con la ideología de “por verlo todo, por contarlo todo”. Es así que, los jardines, además de ser un atractivo visual, también son aprovechados como un espacio sereno donde los usuarios de la biblioteca o gente de fuera que quiere un respiro del paisaje de concreto que tiene la Ciudad de México, pueden tener un momento de distracción y de contacto con la naturaleza, favoreciendo a su vez su bienestar físico y mental (*Adrià, 2006*).

En el caso de los humedales naturales, en los últimos años han tomado una gran importancia debido a los grandes beneficios que presentan, los cuales van desde la provisión de bienes y servicios para la sociedad hasta el mantenimiento de los ecosistemas naturales (*Abarca, 2001*). En el ámbito natural, los humedales tienen efectos beneficios sobre el ciclo de agua, ya que favorecen a la mejora y regularización de su calidad, favorece a los recargos de los mantos freáticos lo que previene las crecidas de los grandes cuerpos de agua, mitiga el cambio climático local y permite la permanencia de una diversidad de animales y vegetales silvestres (*Custodio Gimena, 2000*).

Por otro lado, en el ámbito social los humedales y sus recursos naturales son aprovechados para cubrir las necesidades de la población además de ser una fuente de ingresos económicos. Además, brindan servicios de recreación, investigación científica, educación, entre otras funciones que benefician indirectamente a las poblaciones (*García Suazo y Tariana Silva, 2014*).

Así mismo, los humedales artificiales se han convertido en una alternativa de interés para el tratamiento de las aguas residuales; puesto que, en comparación con otros sistemas de tratamiento, estos no requieren de energía eléctrica ni equipos costosos para su funcionamiento y aun así logra reducir adecuadamente los contaminantes presentes en el agua residual gracias a sus componentes y a los fenómenos físicos, químicos y biológicos (*Sierra Pech y López Ocaña, 2013*). De la igual manera, ofrecen beneficios ambientales como: la mejora de la calidad ambiental y paisajística, la restauración de nichos ecológicos, la reutilización del agua tratada para fines de riego y la aportación de ventajas en otras actividades económicas o de recreación (*Arias Isaza, 2005*).

De acuerdo a las características físicas y de funcionamiento de los humedales artificiales, pueden presentar ventajas y desventajas. En el caso de los humedales artificiales que son de flujo superficial, tiene como ventaja que sus diseños permiten crear nuevos hábitats para la fauna y flora y mejora la calidad del paisaje, formando un “espacio verde” en la comunidad (*Mena Sanz et al., 2009*). Por otra parte, las desventajas que presenta es el requerimiento de grandes extensiones de terreno, reduce la tasa de remoción de residuos durante climas fríos con temperaturas frías y como el agua queda expuesta a la atmósfera, se vuelve propensa a sufrir problemas de aparición de olores y plagas de insectos (*EPA, 2000*).

Para los humedales artificiales de flujo subsuperficial tiene como ventajas una mayor protección térmica que los humedales libres, proporcionan un tratamiento efectivo en forma pasiva, no requiere de equipos mecánicos y de monitoreo, no produce biosólidos ni lodos residuales y pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener (*EPA, 2000*). Sin embargo, como desventajas se señala su mayor coste de construcción y el riesgo de obstrucción de los medios granulares por la acumulación de sólido, lo que llega a afectar la conductividad hidráulica y el rendimiento del sistema, por eso se recomienda un pretratamiento del agua antes de que ingrese a los humedales (*Nava Rojas et al., 2023*).

En este sentido, el proyecto plantea la implementación de un sistema de humedales artificiales híbrido, el cual combina las técnicas y características de ambos modelos, lo que permite la mejora del proceso de tratamiento y su aprovechamiento en las configuraciones paisajísticas; de esta manera se logra un equilibrio entre la funcionalidad del sistema, el valor ecológico que tienen los humedales y la mejora de calidad en el espacio.

Desde el punto de vista constructivo, para la selección del sistema de humedales artificiales se requiere la información de las condiciones del sitio, así como de los objetivos de tratamiento y del tipo de flujo de agua seleccionado (*Quevedo Quispe, 2021*).

Posteriormente se procede con el diseño hidráulico, el cual determina la profundidad, tiempo de retención y pendientes.

En el caso de los humedales de flujo superficial se debe diseñar de manera que sean compatibles con las macrófitas, (eneas, carrizo, junco, jacinto de agua, lenteja de agua) ya que estas especies no pueden tolerar más de 60 cm de inmersión, por lo que el agua debe presentar una profundidad entre 30 a 40 cm. A partir de ello se hace la excavación del estanque a poca profundidad con sus paredes ataludadas (*Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2025*)

Por otro lado, los humedales de flujo subsuperficial se les debe considerar una pendiente del 0.5 al 1% para lograr un buen drenaje, se debe considerar una profundidad de 60 cm, la distancia de entrada y salida debe ser aproximadamente de 5 a 8 m, el tamaño de las partículas del medio filtrante deber ser de un tamaño mediano, el cual permite el flujo continuo de las aguas residuales sin obstrucciones y no se reduce la eficacia del tratamiento (*Hoffmann et al., 2011*). En ambos casos se debe impermeabilizar los fondos y las paredes de los humedales, ya sea mediante una barrera impermeable de arcilla o una geomembrana para evitar infiltraciones (*Arteaga Cortez, 2018*).

El método constructivo que se implementó para el desarrollo de los humedales se desarrollo siguiendo las recomendaciones previas; para asegurar su funcionamiento hidráulico y su buena ejecución a futuro, se describe en los planos de acuerdo a la partida los requerimientos necesarios para llevarse a cabo. La selección de materiales y plantas vegetales se basó en que fueran locales y de bajo impacto, demostrando que esta propuesta de diseño es coherente con las prácticas sustentables que se llevan a cabo en los humedales artificiales.

Para el diseño del espacio alrededor de los humedales artificiales se emplearon especies vegetales que pudieran soportar las condiciones del jal minero, de acuerdo a los registros se tienen las siguientes familias botánicas como las principales que pueden desarrollarse en los suelos de jales, sin que estas sean necesariamente ornamentales: cactaceae,

asteraceae, poaceae, leguminosae, chenopodiaceae, solanaceae y cruciferae (Hernández-Acosta et al., 2009).

Por otra parte, se realizaron experimentos con algunas plantas ornamentales que pueden crecer en los jales y se comprobó que las especies *Carpobrotus edulis* (aizosaceae), *Dietes vegeta* (iridaceae), *Sedum praealtum* (crasulaceae) y *Asclepias linaria* (asclepidaceae), son especies de carácter herbáceo, de crecimiento rápido, se reproducen de manera fácil y de bajo mantenimiento, convirtiéndolas en las especies capaces de ser usadas en el diseño paisajístico de las áreas verdes que estén sobre este tipo de suelo (*Contreras López, 2016*).

De este modo, al seleccionar especies nativas, ornamentales y resistentes a las condiciones del jal minero, permite que el área intervenida además de estabilizar el terreno, prevenir la erosión y reduce la necesidad de un mantenimiento intensivo, se transforme en un sitio seguro, funcional y estético; ya que responde ante las condiciones del suelo y a las necesidades ambientales y sociales del sitio.

Conforme a lo anterior, la viabilidad del diseño propuesto para la implementación de humedales artificiales se sustenta en proyectos similares que ya han sido implementados, tal es el caso del humedal artificial en el parque ecoturístico Xindhó. En este caso la calidad de agua obtenida es tan buena que puede ser utilizada para el riego de plantas ornamentales y comestibles, demostrando que este tipo de ecotecnología es eficiente en el proceso de tratamiento del agua residual, permite la mejora de la calidad ambiental y puede ser replicable en otros contextos sin perder la garantía de ser una solución técnica, económica y ecológicamente viable.

VI. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones.

- Al ser un sistema que imita los procesos naturales que comúnmente se dan en los humedales naturales, no requiere de insumos químicos y de tecnologías invasivas, además de no requerir de personal altamente capacitado.
- El sistema de humedales artificiales puede ser replicado y adaptado de acuerdo al contexto del sitio y la problemática a resolver.
- El diseño del espacio abierto y la correcta planificación de los humedales artificiales contribuye en el reforzamiento y mejora de la imagen del sitio, además de promover la interacción armoniosa entre usuarios-naturaleza.
- Los humedales artificiales pueden convertirse en un foco de proliferación de mosquitos y sufrir de obstrucciones dentro de las tuberías o del medio filtrante, debido a la acumulación de sedimentos o por el crecimiento de las raíces de las plantas, que puede mitigarse con un monitoreo y mantenimiento constante.
- Para el proceso del diseño de los humedales artificiales y sus alrededores, requiere de un análisis integral de los factores naturales y antrópicos, lo que permite ajustar sus características para cubrir los requerimientos de los usuarios y las condiciones específicas del sitio, sin afectar la calidad visual del espacio y el confort de los usuarios.
- La incorporación del sistema de humedales dentro de las instalaciones del CRIT Hidalgo ofrece varias ventajas; además de dar un tratamiento natural al agua residual y de formar un mini hábitat, este espacio puede ser aprovechado para fines educativos, recreativos y paisajísticos, contribuyendo en el bienestar físico y emocional de los usuarios.

8.2 Recomendaciones.

- Tener un sistema de respaldo ante posibles cambios climáticos extremos como sequías y precipitaciones pluviales abundantes con riesgo de inundación.
- Dentro del diseño, implementar accesos secundarios para brindarle un mantenimiento constante, ya sea para el manejo de vegetación excesiva o monitoreo del sistema.
- Realizar muestreos periódicos para evaluar la eficacia de remoción de contaminantes.
- Integrar señalética informativa e involucrar a la comunidad del CRIT en el aprendizaje sobre el funcionamiento de los humedales, el cuidado del agua y del medio ambiente.

Referencias bibliográficas

26. *Humedales - Dimensionamiento* (4 de Junio de 2020). [Película].
<https://youtu.be/Mx6VVuKDksY?si=gQpSCysMDDudTQQ0>
- Abarca, F. (Junio de 2001). Definición e importancia de los humedales. *Revista de Ciencias Ambientales (Tropical Journal of Environmental Sciences)*, 21(1), 4-8.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.21-1.1>
- Adrià, M. (2006). El arca y el jardín. *Arquine Revista internacional de arquitectura y diseño*(37), 10-11.
- Ahern, J. (1995). Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, 33(1-3), 131-155. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
- ArchDaily. (15 de Noviembre de 2013). *ArchDaily*. <https://www.archdaily.mx/mx/02-309750/parque-houtan-en-shanghai-turenscape>
- Archdaily. (26 de Marzo de 2015). *Archdaily*.
<https://www.archdaily.mx/mx/764388/parque-del-humedal-minghu-turenscape>
- Arias Isaza, C. A. (2005). Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales. *Revista Científica General José María Córdova*, 3(3), 40-44.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476259066011>
- Arias, C., y Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*(13), 17 - 24.
<https://biblioteca.cehum.org/bitstream/123456789/1023/1/Arias%2C%20Brix.%20Humedales%20artificiales%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf>
- Arteaga Cortez, V. M. (2018). *Propuesta metodológica para la construcción de humedales artificiales*. Tesis, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. , Programa de Postgrada en Hidrociencias, Texcoco.
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3092/Arteaga_Cortez_VM_DC_Hidrociencias_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Azteca 21. (22 de Noviembre de 2005). Todo listo para la inauguración del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) de Hidalgo. *Azteca 21*.
<https://azteca21.com/2005/11/22/todo-listo-para-la-inauguracion-del-centro-de-rehabilitacion-infantil-teleton-crit-de->

- hidalgo/#:~:text=Ciudad%20de%20M%C3%A9xico.%2D%2022%20de%20Noviembre%20del,los%20seis%20existentes%20en%20el%20territorio%20nacional.
- Beltrán, Y. (2011). Metodología del diseño arquitectónico. *Revista Amorfa de Arquitectura*, 1-22.
- Biodiversidad, C. N. (2025). *Biodiversidad mexicana*.
<http://www.conabio.gob.mx/otros/cgi-bin/herbario.cgi>
- Briceño Ávila, M. (2018). Paisaje urbano y espacio público como expresión de la vida cotidiana. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20(2), 10-19.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.1562>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2006). *El agua en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved 16 de Abril de 2025, from <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EL-AGUA-EN-MEXICO.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (Mayo de 2025).
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2025). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. Coyoacán, Ciudad de México.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015b.%20Manual%20Humedales%20Artificiales%2030.pdf
- Comunicación Social Del Gobierno Del Estado De Jalisco. (8 de Agosto de 2021). *Gobierno de Jalisco*. <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/130805>
- Contreras López , C. (2017). *La vegetación como elemento de diseño para la recuperación de los espacios destinados para áreas verdes en asentamientos sobre suelos contaminados*. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Sevilla: Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions.
<https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/0c1b70ee-0f92-4900-8de6-b2f31cc871f9/content>

- Contreras López, C. (2016). *Oblitopías: recuperación del espacio abierto contaminado en asentamientos humanos ubicados sobre depósitos de jales mineros*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura.
<https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000739671>
- Curso Corto Introducción al Diseño y Construcción de Humedales Construidos para Depuración* (2021). [Película]. Chile. <https://youtu.be/sVNJk4s3tcU?si=HPkzDC-WcsiM2bNi>
- Custodio Gimena, E. (2000). Aguas subterráneas y humedales. *Seminario: Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de ecosistemas acuáticos.*, (pp. 3-30).
https://aguas.igme.es/IGME/PUBLICA/BAK/SIM_HIDRO_MURCIA/TOMO%20XXIV/01.PDF
- Delgadillo , O., Camacho, A., F.Pérez, L., y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. (N. Antequera Durán , Ed.) Cochabamba, Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).
- Doménech Gómez, N. (2015). *Aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas para recoger la respuesta del usuario frente a un espacio arquitectónico*. Universitat Politècnica de Valencia.
<https://doi.org/https://api.core.ac.uk/oai/oai:riunet.upv.es:10251/49871>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2000). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo libre superficial*. Washington, D.C. .
https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs_00_024.pdf
- EPA, A. d. (2000). *Humedales de flujo superficial*. Folleto informativo., U.S. Environmental Protection Agency, Oficina de Agua, Washington, D.C.
https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs_00_024.pdf
- EPA, A. d. (2000). *Humedales de flujo superficial*. Folleto informativo, Oficina de Agua, Washington, D.C. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/cs_00_023.pdf
- Fernández Díaz, J. A. (29 de Enero de 2020). *El rol de la accesibilidad a los humedales urbanos en la provisión de nuevas áreas verdes urbanas. El estudio de caso del*

- humedal urbano Los batros, área Metropolitana de Concepción*. Tesis, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. , Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2020/01/TESIS-JFD-1.pdf>
- Fernández González, J., de Miguel Beascochea, E., de Miguel Muñoz, J., y Curt Fernández de la Mora, M. D. (2020). *Manual de Fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación*. EDITAN. https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2020/01/manual_fitodepuracion.pdf
- Fuentes González, J. (27 de Septiembre de 2021). *Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.* Gobierno de México: <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Humedales-artificiales-para-tratar-aguas-residuales/225>
- García Benítez, M., Franco Sánchez, L. M., y Granados Alcantar, J. A. (Julio-Diciembre de 2019). Evaluación del crecimiento de la población y transformación del uso de suelo urbano en la Zona Metropolitana de Pachuca, México. *Quivera.Revista de Estudios Territoriales*, 21(2), 63 - 81. <https://www.redalyc.org/journal/401/40161003005/40161003005.pdf>
- García Quintero, T. B., Espinosa, M. A., y Méndez Casanova, E. M. (2023). Competencias de diseño arquitectónico integral: diagnóstico en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana, región Poza Rica-Tuxpan. *UVserva*(16), 280-301. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9154344.pdf>
- García Suazo, G., y Tariana Silva, L. (2014). IMportancia ecosistématica del humedal EL Coroncoro sobre el barrio manantial en la ciudad de Villavicencio/Meta. *Boletín Semillas AMbientales*, 8(2). <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/10811>
- García, E. (1964). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México: Serie Libros.
- H. Kadlec, R., y D. Wallace, S. (2009). *Treatment Wetlands* (Segunda ed.). Taylor & Francis Group, LLC. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf

- Hernández-Acosta, E., Mondragón-Romero, E., Cristobal-Acevedo, D., Rubiños-Panta, J., y Robledo-Santoyo, E. (2009). Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(2), 109-114.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n2/v15n2a4.pdf>
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., y von Muench, E. (2011). *Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas*. Eschborn, Alemania: Agencia de Cooperación Internacional de Alemania, GIZ. <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-Tecnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (20 de Octubre de 2022). *¿Cómo construir un humedal para el tratamiento del agua residual en mi escuela?* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOL/ecoagua/ecoagua-humedal-tratamiento-del-agua-residual-anexos.pdf>
- López de Juambelz, R., y Cabeza Pérez, A. (1998). *La vegetación en el diseño de los espacios exteriores*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Arquitectura.
- Luna Pabello, V. M., y Arbusrt Castañeda, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 32 - 55.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v17n1/v17n1a3.pdf>
- Maldonado-Bernabé, G., Chacalo-Hilu, A., Nava-Bolaños, I., Meza-Paredes, R., y Zaragoza-Hernández, A. (Julio de 2019). Cambios en la superficie de áreas verdes urbanas en dos alcaldías de la Ciudad de México entre 1990-2015. *Polibotánica*(48), 205-230. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.15>
- Martínez Olivarez, P., Marín-Muñiz, J., y Celis Pérez, M. (Mayo de 2022). *Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad: Los retos de la sostenibilidad en las geografías urbana y rural*. Veracruz, México: El Colegio de Veracruz.
https://www.academia.edu/86195536/Sostenibilidad_ambiente
- Martínez Reséndiz, G., Ayala Palomino, A., y Hernández Aggí, E. (2025). Economía Verde: El potencial de los humedales construidos en la valoración de

- ecosistemas. *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo.*, IV(1), 1 - 16.
- Mena Sanz, J., Rodríguez Mayor, L., Nuñez Martín, J., y Villaseñor Camacho, J. (2009). *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos*. ALQUIMIA SOLUCIONES AMBIENTALES. Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).
http://www.premioconama.org/conama9/download/files/CTs/2643_JMena.pdf
- Meteo Navarra. (2025). *Gobierno de Navarra*.
<https://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>
- Moreira, S. (20 de Julio de 2022). *Archdaily*.
<https://www.archdaily.mx/mx/985559/parque-rachel-de-queiroz-architectus-s-s>
- Nava Rojas, J., Lango Reynoso, F., Castañeda Chávez, M., y Reyes Velázquez, C. (Noviembre de 2023). Remoción de Contaminantes en los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial: Una Revisión. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1715>
- Navarro Gómez, H. I., Contreras López, C., González Sandoval, M. d., y Navarro Gómez, C. J. (2025). *La gestión integrada del agua y su problemática. Caso de estudio la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo*. Ediciones Comunicación Científica. <https://doi.org/https://doi.org/10.52501/cc.235.02>
- Nocetti, E. (2021). *Sistema híbrido de humedales para el tratamiento final del efluente de una industria láctea*. Universidad de Santiago de Chile.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/242269/CONICET_Digital_Nro.6dcee6fa-3450-4de0-b1ad-6fad33bb26a8_E.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., Ortega Borges, R., y J. Olguín, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias*, 55(3), 69 - 83.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Ojeda Revah, L. (2021). Equidad en el acceso a las áreas verdes urbanas en México: revisión literaria. *Sociedad y Ambiente*(24), 1-28.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2341>

- Ora, I. N. (25 de Agosto de 2020). *Arquitectura Paisajística de Aotearoa*.
<https://www.landscapearchitecture.nz/landscape-architecture-aotearoa/2020/8/24/rmt1swzg3xcvnyesikkrqdcstj7z>
- Ott, C. (2 de Marzo de 2019). *Archdaily*. https://www.archdaily.mx/mx/912453/humedal-urbano-usaquen-cesb-obraestudio?utm_medium=website&utm_source=archdaily.mx
- Pascual González , A., y Peña Díaz , J. (Diciembre de 2011). Espacios abiertos de uso público. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIII(1), 25-42.
<http://scielo.sld.cu/pdf/au/v33n1/au030112.pdf>
- Pineda Bernal, M. A. (2018). *Diseño metodológico para el curso de formación en proyectos de arquitectura*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá.
<https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/9d92ca2a-7d40-43a4-aaf2-6b831758e641/content>
- Quevedo Quispe, A. W. (2021). Diseño y construcción de humedal artificial para la recuperación de aguas residuales en la población de Alcalá. *Revista Cienica, Tecnología e Innovación.*, 19(24), 133-148.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v19n24/v19n24_a09.pdf
- Quintero González, L., y Quintero González, J. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23). <https://doi.org/> Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e
- Ramsar Convention on Wetlands. (1971). *¿Qué son los humedales?* Documento informático, Irán.
<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
- Rey Santos, O. (2014). El agua en un mundo de crisis. *Revista de Estudios Estratégicos*, 1, 85-92.
- Rivas Hernández , A., y Paredes Cuervo , D. (2014). *Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua*. (Primera ed.). Progreso, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/sistemas-de-humedales/files/assets/common/downloads/publication.pdf

- Rochester, U. d. (4 de Junio de 2010). Un estudio demuestra que pasar tiempo en la naturaleza nos hace sentir más vivos. *ScienceDaily*.
<https://www.sciencedaily.com/releases/2010/06/100603172219.htm>
- Roffo Lecca, E., y Ruiz Lizama, E. (Enero-Junio de 2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71 - 80.
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2 de Febrero de 2022). *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/los-humedales-de-mexico-belleza-y-riqueza-de-enorme-importancia-145780>
- Secretaría de Gobernación. (21 de Septiembre de 1998). *Diario Oficial de la Federación*.
https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998#gsc.tab=0
- Secretaría de Gobernación. (3 de Junio de 1998). *Diario Oficial de la Federación*.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881304&fecha=03/06/1998#gsc.tab=0
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (11 de Marzo de 2022). *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-publica-nom-001-semarnat-2021-que-establece-limites-de-contaminantes-en-descargas-de-aguas-residuales>
- Serrentino, R., y F. Barrionuevo, L. (2007). Del Concepto a la Forma Arquitectónica: visualización de organizaciones espaciales. *Sigradi*, 117-120.
https://itc.scix.net/pdfs/sigradi2007_af02.content.pdf
- Sierra Pech, O. M., y López Ocaña, G. (Enero-Junio de 2013). Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. *KUXULKAB´Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas.*, 19(36), 47-55.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9492528>
- Stauffer, B., y Spuhler, D. (2025). *Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM)*. <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/wastewater-treatment/hardwares/semi-centralised-wastewater-treatments/hybrid-constructed-wetland>

- Teletón México. (30 de Noviembre de 2022). *Teletón México*. https://teleton.org/la-discapacidad-a-25-anos-de-teleton/?utm_source=chatgpt.com
- Thiel, S. (17 de Febrero de 2016). *Land8: Landscape Architects Network*. <https://land8.com/how-this-toxic-industry-site-turned-into-an-environment-protecting-wonder/>
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., y Zurbrügg, C. (12 de Diciembre de 2018). Sustainable Sanitation and Water Management: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-horizontal-subsuperficial>
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., y Zurbrügg, C. (2018). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. (Segunda ed.). (R. Riquelme, R. Martínez Lagunes , y J. Carlos Sapien, Trads.) Banco Interamericano de Desarrollo. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_Spanish_pdfs/compendio_sp.pdf
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., y Zurbrügg, C. (11 de Diciembre de 2018). *Sustainable Sanitation and Water Management*. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-superficial-libre>
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta ecológica.*, 9-18.
- Vázquez Sandrin, G. (2011). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades.: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5425/sociedad_y_biografias.pdf
- Vélez Restrepo, L. (Enero-Diciembre de 2007). La conservación de la naturaleza urbana. Un nuevo reto en la gestión ambiental de las ciudades, para el siglo XXI. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 11(1), 20-27. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74811103>

Vera, I., Jorquera, C., López, D., y Vidal, G. (Mayo-junio de 2016). Humedales
construidos para tratamiento y reúso de aguas servidas en Chile: reflexiones.
Tecnología y Ciencias del Agua, VII(3), 19 - 35.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n3/2007-2422-tca-7-03-00019.pdf>

Anexos

ANEXO 01: Climatología de Pachuca 13-056

- **Composición de la fórmula:**

$Aw0(w)i'g$

A: Tipo de clima.

W: Subtipo de acuerdo a la temperatura.

0: Subfijo de acuerdo al cociente P/T.

w: Letra de acuerdo al porcentaje de la lluvia invernal.

i': Topo de oscilación térmica presente.

G: Letra opcional que indica casos especiales como mancha Ganges o Comportamiento de lluvia.

- **P/T:** $412.4/14.2 = \underline{29.04}$
- **% de lluvia invernal:** $10.1+12.3+12.5=34.9/4.124 = \underline{8.46}$
- **Oscilación térmica:** $16.9-11.4 = \underline{5.5}$
- **Rh:** $2t+28 = 2(14.2)+28 = 56.4 \text{ cm} = \underline{564 \text{ mm}}$
- $546 > 412.4 \therefore$ se considera **clima tipo "B"**
- **Re:** $(2t+28)/2 = 564/2 = \underline{282 \text{ mm}}$
- $282 > 412.4 \therefore$ se considera **clima tipo "BS" (estepario)**
- **Cociente:** $P/T = 29.04 > 22.9 \therefore$ se considera **BS₁**
- **Límite de temperatura:** K templado con verano cálido
- **Régimen de lluvias:** $8.46 \therefore$ es (**w**)
- **Oscilación térmica:** $5.5 \therefore$ entrega en el rango de 5° a 7° que se considera i'
- **Mancha Ganges:** Si

Fórmula: BS1k(w)(i')g

Clima semiseco (BS), el más húmedo del grupo (BS1), templado con verano cálido (k), lluvias de verano de 8.46 (w), con poca oscilación térmica (i') y presencia de mancha Ganges. Teniendo una temperatura anual de 14.2°, siendo el mes más cálido, mayo con 19.9° y el más frío, enero con 11.4°, y una precipitación anual de 412.4mm.

ANEXO 02: Cálculos del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal No.3.

Para el humedal número 3 se realizaron los siguientes cálculos: (Delgadillo et al., 2010)

1. Se obtiene el área superficial:

$$AS = \frac{Q * LN\left(\frac{C_o}{C}\right)}{K_T * h * \eta}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño del humedal m³/d

C: Concentración de DBO5 al salir (efluente) en mg/l

Co: Concentración de DBO5 al entrar (afluente) en mg/l

K_T: Constante de primer orden dependiendo de la temperatura en días⁻¹

η: Porosidad del medio filtrante (porcentaje expresado en fracción)

h: Profundidad del humedal

LN: Logaritmo

$$AS = \frac{2.95 * \ln(118.2/20)}{0.08083528642 * 0.6 * 0.38} = \underline{14.78280141 \text{ m}^2}$$

Donde:

Q: 2.95 m³/d

C: 20 (límite permisible obtenido de los estudios de laboratorio)

Co: 118.2 (resultante de los estudios de laboratorio)

K_T: 0.08083528642 (estudios del laboratorio)

$$K_T = 1.104 * 1.06^{T_2 - 20}$$

Donde:

T₂: temperatura del agua (°C)

: 4° (obtenidos de los estudios de laboratorio)

$$K_T = (1.104 * 1.06)^{(4 - 20)} = \underline{0.08083528642}$$

η : 0.38 de la grava fina (38%)

Tabla 4.A:
MATERIALES EMPLEADOS EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES HORIZONTALES

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Conductividad hidráulica, ks (m3/m2/d)	Porosidad, n %
Arena gruesa	2	100-1.000	28-32
Arena gravosa	8	500-5.000	30-35
Grava fina	16	1.000-10.000	35-38
Grava media	32	10.000-50.000	36-40
Roca gruesa	128	50.000-250.000	38-45

Fuente: (Delgadillo et al., 2010)

h: 0.60 m

ln: Logaritmo

2. Al tener el área superficial, se procede a calcular el largo y ancho del humedal artificial:
(Clase 1, 2021)

AS: 14.78280141 m²

Proporción de 2:1

Profundidad: 0.6 m

Área= L x A

$$A = \sqrt{\frac{AS}{2}} = \sqrt{\frac{14.78280141}{2}} = \underline{2.718713061 \text{ m}} = 2.70\text{m}$$

Relación L/A=2; es decir que L=2A

$$L = 2A = ((2) (2.718713061)) = \underline{5.437426121 \text{ m}} = 5.45 \text{ m}$$

ANEXO 03: Cálculos de los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal No.1 y No.2.

En el caso de los humedales número 1 y 2, se llevaron a cabo los siguientes cálculos:
(Delgadillo et al., 2010)

1. Se obtiene el área superficial:

$$AS = \frac{Q * LN\left(\frac{Co}{C}\right)}{K_t * h * \eta}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño del humedal m³/d

C: Concentración de DBO5 al salir (efluente) en mg/l

Co: Concentración de DBO al entrar (afluente) en mg/l

K_T: Constante de primer orden dependiendo de la temperatura en días⁻¹

η: Porosidad del medio filtrante (porcentaje expresado en fracción)

h: Profundidad del humedal

LN: Logaritmo

$$AS = \frac{1.98 * \ln(118.2/20)}{0.08083528642 * 0.6 * 0.38} = \underline{9.922015863 \text{ m}^2}$$

Donde:

Q: 1.98 m³/d

C: 20 (límite permisible obtenido de los estudios de laboratorio)

Co: 118.2 (resultante de los estudios de laboratorio)

K_T: 0.08083528642 (estudios del laboratorio)

$$K_T = 1.104 * 1.06^{T_2 - 20}$$

Donde:

T₂: temperatura del agua (°C)

: 4° (obtenidos de los estudios de laboratorio)

$$KT = (1.104 * 1.06)^4 (4^\circ - 20) = \underline{0.08083528642}$$

η : 0.38 de la grava fina (38%)

Tabla 4.A:
MATERIALES EMPLEADOS EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES HORIZONTALES

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Conductividad hidráulica, ks (m3/m2/d)	Porosidad, n %
Arena gruesa	2	100-1.000	28-32
Arena gravosa	8	500-5.000	30-35
Grava fina	16	1.000-10.000	35-38
Grava media	32	10.000-50.000	36-40
Roca gruesa	128	50.000-250.000	38-45

Fuente: (Delgadillo et al., 2010)

h: 0.60 m

ln: Logaritmo

2. Al tener el área superficial, se procede a calcular el largo y ancho del humedal artificial:
(Clase 1, 2021)

AS: 9.922015863_m2

Proporción de 2:1

Profundidad: 0.6 m

Área= L x A

$$A = \sqrt{\frac{AS}{2}} = \sqrt{\frac{9.922015863}{2}} = \underline{2.227332021} = 2.20 \text{ m}$$

Relación L/A=2; es decir que L=2A

$$L = 2A = ((2) (2.227332021)) = \underline{4.454664042 \text{ m}} = 4.50 \text{ m}$$

ANEXO 04: Cálculos del humedal artificial de flujo superficial.

En el caso del humedal artificial de flujo superficial, se hicieron los siguientes cálculos:

1. Obtención del área superficial del humedal:

De acuerdo al trazado de la forma final en el programa AutoCAD señala que su área es de 60.2784 m².

2. Cálculos de su volumen estimado (m³):

Litros al día: 4,928 litros

Litros por tres días: 14,784 litros

14.784 m³

Se toma como referencia la media mensual de la recolección de aguas pluviales:

26.71274619 m³ (obtenido del proyecto de captación de aguas pluviales del mismo centro de rehabilitación)

Total de agua (m³): $26.713 + 14.784 = 41.497$ litros

3. Definición de medidas para el humedal:

Proporción 2.1: 12 m x 6 m

Área superficial: 60.278 m²

Profundidad del humedal: 0.60 m

Capa de sedimentos: 0.35 m

Crecimiento de agua: 0.27 cm de aguas residuales

0.28 cm crecimiento por aguas pluviales

0.55 cm altura final

Capacidad de almacenamiento de agua: 33,153 L

ANEXO 05: Cálculos de tiempo de retención hidráulica en los humedales artificiales.

Para los humedales artificiales de flujo horizontal se llevaron los siguientes cálculos: (26. *Humedales - Dimensionamiento, 2020*).

$$t = \frac{n * L * W * d}{Q}$$

Donde:

L: Largo del humedal (m).

W: Ancho del humedal (m).

d: profundidad del humedal (m).

n: porosidad del medio filtrante (porcentaje expresado en fracción).

Q: Flujo promedio a través del humedal (m³/d).

Para el humedal artificial que recibe el agua del lado de hidroterapia, se estima un tiempo de:

Donde:

L: 5.45 m

W: 2.70 m

d: 0.60 m

n: 0.38

Q: 2.95 m³/d

$$\frac{0.38 \times 5.45 \times 2.70 \times 0.60}{2.95} = \frac{3.35502}{2.95} = 1.137294915 \text{ días de retención hidráulica}$$

Así mismo, para los humedales que reciben el agua de la cafetería, su tiempo de retención es de:

Donde:

L: 4.50 m

W: 1.10 m

d: 0.60 m

n: 0.38

Q: 1.98 m³/d

$$\frac{0.38 \times 4.50 \times 1.10 \times 0.60}{1.98} = \frac{3.3511286}{1.98} = 0.57 \times 2 = 1.14 \text{ días de retención hidráulica}$$

Glosario

A

- **Acuífero:** Es la formación geológica conformada por una o varias capas de rocas, las cuales pueden almacenar en forma de depósitos subterráneos y se le puede dar diversos usos.
- **Afluente:** Flujo de agua no tratada o contaminada que ingresa a un sistema para su tratamiento.
- **Agua residual:** Son cualquier tipo de agua cuya calidad ha sido afectada por las actividades en donde haya sido usada, pueden ser de origen doméstico, industrial, agrícola o pecuario.

B

- **Biodigestor:** Tanque cerrado, hermético e impermeable utilizado para la descomposición de residuos orgánicos para producir biogás y biofertilizante.
- **Biofiltración:** Proceso biológico que utiliza microorganismos para el tratamiento de compuestos orgánicos volátiles e inorgánicos.

C

- **Cambio climático:** Alteraciones de la temperatura y los patrones climáticos, causadas por las actividades humanas que liberan gases de efecto invernadero.
- **Caudal:** Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.

D

- **Decantación:** Procedimiento físico utilizado para la separación de mezclas heterogéneas que pueden estar compuestas por un líquido y un sólido o por dos líquidos de diferentes densidades.
- **Depuración:** Serie de procesos en los que se le somete al agua para eliminar las impurezas adquiridas durante su uso.
- **Desnitrificación:** Proceso biológico mediante el cual el nitrógeno se extrae de los sistemas acuáticos, se convierte en gas y se libera a la atmósfera.

E

- **Efluente:** Flujo de salida del agua que ha sido sometida a varios procesos de tratamiento y esta lista para su reutilización.
- **Emular:** Aquel que imita las acciones de algo o alguien, procurando igualarlas o superarlas.
- **Erosión:** Proceso natural por el cual las rocas y suelos son desgastadas por la acción de las fuerzas externas, ya sean naturales o humanas.
- **Espacio azul:** Zona al aire libre que se encuentran en las ciudades y que cuenta con espejos de agua integrados al paisaje, ya sean: ríos, lagos, canales, estanques, pantanos o humedales.
- **Evaporación:** Proceso físico por el cual el agua en su estado líquido pasa al estado gaseoso de forma lenta y natural, sin necesidad de alcanzar la temperatura de su punto de ebullición.

F

- **Filtración:** Técnica para separar sólidos en suspensión dentro de un líquido empleando un medio permeable o semipermeable capaz de retener las impurezas y que a vez permita el paso del líquido.
- **Fitorremediación:** Empleo de plantas y sus microorganismos para descontaminar suelos, aguas y aire.
- **Flujo subsuperficial:** Aquel flujo que se produce debajo de la superficie del terreno.
- **Fotosíntesis:** proceso por el cual las plantas convierten la energía lumínica del Sol en energía química, almacenándola en compuestos orgánicos y liberando oxígeno al entorno como resultado de esta transformación.

H

- **Hidrófita:** Planta que crece parcial o totalmente sumergida en agua, están adaptadas a vivir cerca de cuerpos de agua o suelos permanentemente húmedos.
- **Hidroterapia:** Uso del agua para fines terapéuticos para prevenir, tratar o aliviar diversas enfermedades o condiciones médicas.

- **Humedad relativa:** Es la medida de qué tan saturado está el aire con vapor de agua en comparación con el total que puede mantener a una temperatura dada.

I

- **Infraestructura verde:** Conjunto de zonas naturales y seminaturales que ofrecen servicios ambientales a los seres humanos.

M

- **Macrófita:** Aquellas plantas visibles a simple vista, pueden vivir en terrenos inundados o encharcados durante largos períodos de tiempo.
- **Microclima:** Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan un entorno o ámbito reducido.

N

- **Nitrificación:** Proceso biológico de oxidación del amoníaco o amonio en nitrito, seguido luego por su oxidación formando nitrato.

P

- **Paisajismo:** Actividad destinada a diseñar, planificar y mantener espacios exteriores abiertos; además de crear ambientes estéticamente agradables, funcionales y sostenibles.
- **Patógeno:** Organismo infeccioso que puede provocar enfermedades y malestares en el organismo en el que se encuentre.
- **Permeabilidad:** Capacidad de un material de permitir el paso de un fluido sin alterar su composición.
- **Porosidad:** Cantidad de poros o espacios vacíos que presenta un material sólido.
- **Preservación:** Acción de proteger, cuidar y defender algún lugar u objeto, para prevenir su deterioro y asegurar su continuidad a largo plazo.

- **Proceso aeróbico:** Aquel proceso biológico o químico que ocurre o requiere de oxígeno.
- **Proceso anaeróbico:** Aquel proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno.
- **Purificación:** Serie de procesos que elimina sólidos y contaminantes suspendidos en el agua.

R

- **Restauración:** proceso de impulsar la recuperación de la vegetación que ha sido destruido, para restaurar la salud, estructura y función de los ecosistemas.
- **Recirculación:** Reintegrar un fluido o material dentro de un mismo circuito o sistema, con el fin de reutilizarlo o mantener su movimiento continuo.

S

- **Sostenibilidad:** Gestionar los recursos naturales para satisfacer las necesidades actuales, sin poner en riesgo las necesidades de las futuras generaciones.
- **Sustrato:** Material sólido cuya función es sustituir al suelo, permite el anclaje y desarrollo de las plantas.

T

- **Talud:** Superficie que presenta una inclinación respecto al plano horizontal del terreno.

Z

- **Zona de amortiguamiento:** Área entre dos o más áreas cuya función es reducir las interacciones entre ellas.